This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

ÉLÉMENS

DE

PHYSIQUE

THÉORIQUE ET EXPÉRIMENTALE.

TOME SECOND.

Digitized by Google

Digitized by Google

ÉLÉMENS
DE
PHYSIQUE
THÉORIQUE ET EXPÉRIMENTALE;

Pour ſervir de ſuite à la Deſcription & Uſage d'un Cabinet de Phyſique expérimentale, 2 vol. *in*-8°. avec figures.

Par M. SIGAUD DE LA FOND,

Ancien Profeſſeur de Mathématiques, Démonſtrateur de Phyſique expérimentale en l'Univerſité; de la Société Royale des Sciences de Montpellier, des Académies d'Angers, de Baviere, de Valladolid, de Florence, de Saint-Pétersbourg, &c. &c.

4 vol. *in*-8°. avec figures, br. 24 liv.

TOME SECOND.

A PARIS,

Chez P. FR. GUEFFIER, Libraire-Imprimeur, au bas de la rue de la Harpe, à la Liberté.

M. DCC. LXXVII.

Avec Approbation, & Privilége du Roi.

Digitized by Google

Digitized by Google

ÉLÉMENS
DE
PHYSIQUE.
THÉORIQUE ET EXPÉRIMENTALE.

QUATRIEME SECTION.

De la Statique, ou des Machines.

(264) LA *Statique* eſt une partie de la Phyſique, qui traite des machines & des avantages qu'on peut en attendre. Ces machines ſont connues en général ſous le nom de *forces mouvantes*, parce qu'elles ſervent à mouvoir, à tranſporter ou à ſoutenir des corps qu'on ne pourroit facilement mouvoir, tranſporter ou ſoutenir ſans leur ſecours. On peut donc en général conſidérer les machines, Définition.

Digitized by Google

comme différens moyens qu'on emploie pour faciliter une puiſſance dans l'action qu'elle déploie contre un obſtacle qu'elle doit vaincre ou contrebalancer. Nous ſommes bien ici, juſqu'à un certain point, de l'avis de M. de *Buffon*, qui regarde (1) cette partie de la Phyſique comme purement mathématique, & peu propre à être bien démontrée par la voie de l'expérience. Nous conviendrons même avec lui, qu'un ſeul principe bien entendu ſuffit pour juger de tous les effets qu'une machine peut produire, abſtraction faite des frottemens & des autres qualités phyſiques. Nous lui accorderons même encore que les expériences de ce genre ne nous apprennent rien de nouveau au-delà de ce que la théorie nous enſeigne: mais nous ne croyons pas pour cela que ce ſoit un abus, comme il le penſe, d'étudier le ſervice des machines ſur les machines elles-mêmes. Outre que cette maniere de préſenter les machines eſt plus à la portée de tout le monde, & particuliérement des Artiſtes qui doivent les connoître, elle nous découvre encore ce qu'il convient de rabattre

(1) Buffon, Diſcours ſur la maniere de traiter & d'étudier l'Hiſtoire Naturelle.

Digitized by Google

des effets que la théorie mathématique nous annonce, en ne considérant les machines que dans un état de précision, auquel il est impossible de les amener dans la pratique. Nous suivrons donc ici la même marche que nous avons suivie jusqu'à présent. Nous nous aiderons des secours de l'expérience, à proportion que nous développerons la théorie mathématique; & nous espérons qu'à l'aide de ces deux moyens, nous démontrerons plus fructueusement les effets que nous avons dessein de faire connoître.

(265) On distingue généralement les machines en deux classes, en *simples* & en *composées*: celles-ci ne sont qu'un assemblage plus ou moins multiplié des premieres, dont la connoissance seule peut suffire au Physicien, pour estimer tout l'avantage qu'il peut se promettre de la machine la plus composée. On peut réduire toutes les machines simples à deux seulement, au *levier & au plan incliné*. Le D. *Desaguilliers* démontre même (1) qu'il est possible de les réduire à une seule, au *simple levier*; mais il nous sera plus commode de les considérer solitairement, & de

Division des machines.

(1) Desaguilliers, Cours de Phys. exp. t. 1.

Digitized by Google

les diſtinguer en ſept eſpeces ; ſavoir, le *levier*, la *balance*, la *poulie*, le *tour*, le *plan incliné*, la *vis* & le *coin*.

Six choſes à conſidérer dans une machine.

(266) On diſtingue particuliérement ſix choſes dans une machine : la *réſiſtance*, la *puiſſance*, le *point d'appui*, la *viteſſe*, le *centre de gravité* & la *ligne de direction*.

La réſiſtance.

La *réſiſtance* n'eſt autre choſe que l'obſtacle qu'on ſe propoſe de vaincre ou de contrebalancer.

La puiſſance.

La *puiſſance* eſt la force qu'on emploie à cet effet.

Le point d'appui.

Le *point d'appui* eſt un point autour duquel la puiſſance & la réſiſtance ſe meuvent, ou font effort pour ſe mouvoir. On le déſigne, dans pluſieurs Ouvrages, ſous le nom d'*hypomoclion*.

La viteſſe.

La *viteſſe* ſe meſure par les arcs que décrivent en même temps la puiſſance & la réſiſtance, ou par les eſpaces qu'elles parcourent dans le même temps, ou enfin lorſqu'elles ſont en équilibre par ceux qu'elles parcourroient, ſi elles étoient en mouvement.

Le centre de gravité.

Le *centre de gravité* eſt un point autour duquel toutes les parties d'un corps, ou d'un ſyſtême de corps ſont en équilibre.

La ligne de direction.

La *ligne de direction* eſt une perpendicu-

Digitized by Google

laire abaiſſée du centre de gravité de la puiſſance & de la réſiſtance au centre de la terre, en ſuppoſant toutefois que la puiſſance & la réſiſtance ſoient inanimées. Si ce ſont, au contraire, des corps animés qui agiſſent les uns contre les autres, leur ligne de direction n'eſt pas différente de celle ſelon laquelle ils agiſſent.

Pour mettre de l'ordre dans cette matiere, nous diviſerons cette ſection en dix articles. Le premier concernera le centre de gravité; les ſept ſuivans traiteront des machines ſimples; le neuvieme donnera une idée ſuffiſante des machines compoſées, & le dixieme traitera des cordes, dont l'application eſt indiſpenſable dans le ſervice des machines. Diviſion de cette Section.

ARTICLE PREMIER.

Du centre de gravité.

(267) Le centre de gravité, comme nous venons de l'obſerver (266), eſt un point autour duquel toutes les parties d'un corps ou d'un ſyſtême de corps ſont en équilibre. D'où il ſuit qu'un plan qui paſſeroit par ce point, & qui diviſeroit le corps en deux

Digitized by Google

parties égales, en toute sorte de sens, le diviseroit en deux parties également pesantes.

Si tous les corps étoient réguliers & homogenes, leur centre de gravité se confondroit avec leur centre de figure : mais il s'en faut de beaucoup que tous les corps soient réguliers ; & ceux qui le sont, ne sont point homogenes. D'où il suit, que le centre de gravité se trouve toujours plus ou moins éloigné du centre de figure. Il faut donc avoir recours à quelque méthode particuliere, pour le trouver. Ces méthodes peuvent être *géométriques* ou *méchaniques*. Nous ne parlerons que de ces dernieres, comme appartenantes plus particuliérement à la Physique expérimentale. D'ailleurs, les méthodes géométriques supposent des connoissances géométriques plus étendues que celles qu'on puise dans de simples élémens. Ce n'est en effet que par le calcul intégral, comme le remarque très-bien M. *de la Caille* (1), qu'on peut résoudre facilement les problêmes qui ont rapport aux centres de la gravité des surfaces curvilignes & de leurs solides.

Expérience. Méthode de trouver le centre de gravité d'un corps.

(268) Supposons donc qu'on se propose

(1) De la Caille, Méchanique.

Digitized by Google

de trouver le centre de gravité d'un corps: voici une méthode très-ſimple, & dont on peut faire aſſez fréquemment uſage. Percez ce corps vers un des points de ſon contour (plan. 1 fig. 1); faites paſſer un axe par cette ouverture; attachez un fil à-plomb C B à cet axe, & laiſſez le corps en liberté. Le centre de gravité de ce corps, faiſant effort pour l'entraîner vers le centre de la terre, deſcendra autant qu'il lui ſera poſſible, & conſéquemment ſe trouvera dans un des points de la perpendiculaire C B, au centre de la terre. Tracez ſur la ſurface du corps cette ligne déjà décrite par le fil à-plomb, & réitérez la même opération ſur un autre point de ſon contour; par exemple, en F (fig. 2), de façon toutefois que cette ſeconde ouverture ne ſoit point directement oppoſée à la premiere, le fil à-plomb F P indiquera une ſeconde perpendiculaire, que vous tracerez pareillement ſur la ſurface du corps, & dans laquelle le même centre de gravité ſe trouvera néceſſairement placé. Or, ces deux perpendiculaires ſe couperont en un point, ſuppoſons en *c*, & c'eſt à ce point d'interſection, qui leur eſt commun, que répond le centre de gravité ſitué dans l'épaiſſeur du corps.

Plan. 1, fig. 1.

Pl. 1, fig. 3.

Digitized by Google

Si le corps dont on veut trouver le centre de gravité, ne peut être percé ſans inconvénient, voici une autre méthode pour arriver au même but.

Expérience. Autre méthode de trouver le centre de gravité. Pl. 1, fig. 3.

(269) Placez ce corps ſur la longueur d'une planche quelconque, bien unie, bien dreſſée, & autant égale d'épaiſſeur qu'il ſera poſſible dans toute ſa longueur C D (plan. 1 fig. 3); poſez-la, ſuivant cette longueur, ſur la côte *r* S d'un priſme triangulaire, & faites-la promener ſur ce priſme, juſqu'à ce qu'elle demeure en équilibre: tirez ſur cette planche & ſur le corps qui y eſt placé, une ligne *a b*, qui réponde à la côte du priſme. Le centre de gravité de ce corps, ou mieux de ce ſyſtême de corps, c'eſt-à-dire, de la planche & du corps qu'elle ſupporte, ſe trouvera néceſſairement dans un des points de cette ligne. Repoſez la planche ſur ſa longueur, ſur la même côte du priſme, & faites-l'y aller & venir, juſqu'à ce qu'elle demeure encore en équilibre: tirez alors la ligne *c d*, qui réponde pareillement à la côte du priſme, & qui lui ſoit parallele; cette ſeconde ligne, dans laquelle le centre de gravité du ſyſtême de corps ſe trouvera encore placé, coupera la premiere à angles droits; & le point d'in-

Digitized by Google

terſection indiquera, auſſi exactement qu'il eſt poſſible, la ſituation du centre de gravité du ſyſtême de corps.

C'eſt par cette derniere méthode, que le célebre *Borelli* parvint à découvrir que le centre de gravité du corps de l'homme étoit placé dans le baſſin, entre les os qu'on appelle *pubis* & les *feſſes* (1). Cette méthode, à la vérité, n'a pas toute l'exactitude d'une méthode géométrique, mais elle eſt très-commode, ſur-tout lorſqu'il s'agit de trouver le centre de gravité d'un ſyſtême de corps, & elle eſt ſuffiſamment exacte pour tous les beſoins ordinaires de la vie.

Propriété du centre de gravité.

La propriété eſſentielle du centre de gravité d'un corps, c'eſt de déterminer ce corps vers le centre des graves : d'où l'on peut déduire les deux axiomes ſuivans, dont les applications démontrent tout ce qu'on peut attendre du centre de gravité.

Axiome premier.

(270) *Tout corps dont le centre de gravité eſt ſoutenu, demeure en repos.*

Toutes les parties d'un corps, ou d'un ſyſtême de corps, étant en équilibre autour de ſon centre de gravité, l'effort de chacune de

(1) Borelli, de motu animal.

Digitized by Google

ſes parties ſe trouve réuni à ce point. Il ne peut donc être ſoutenu ou ſuſpendu, que l'effort de chacune des parties du corps ne le ſoit en même temps, & conſéquemment que le corps ne demeure dans un état de repos.

Condition néceſſaire.

Mais pour que le centre de gravité d'un corps ſoit ſoutenu, il faut que ſa ligne de direction (266) paſſe par la baſe de ce corps. C'eſt par une application heureuſe de cette derniere condition, que ces fameuſes tours de *Piſe* & de *Bologne* ont une ſtabilité ſuffiſante, quoiqu'elles ſoient inclinées à l'horiſon, & qu'elles paroiſſent menacer de leur chûte ceux qui n'en connoiſſent point la conſtruction. Celle de Piſe, eſt une tour ronde de 138 pieds de hauteur; elle eſt inclinée de quinze pieds. Celle de Bologne eſt quarrée; elle a 130 pieds d'élévation, & elle panche de neuf pieds. L'Architecte qui les a élevées, a ſu tellement ménager la diſpoſition de leurs parties, qu'indépendamment de cette inclinaiſon, la ligne de direction paſſe par la baſe de ces tours.

(271) Si le centre de gravité peut quelquefois changer de place, & tranſporter la ligne de direction au-delà de la baſe, comme il arrive aſſez fréquemment dans les corps

Digitized by Google

animés, ils peuvent, malgré cela, conſerver leur ſtabilité, en profitant de la fléxibilité de leur corps, qui les rend propres à ramener la ligne de direction dans la baſe. C'eſt ce qui arrive, par exemple, à un Porte-faix, chargé d'un très-lourd fardeau ſur le dos. L'homme & le fardeau dont il eſt chargé, font alors un ſyſtême de corps, dont le centre de gravité ſe trouve ſitué en arriere, au-delà du baſſin, & conſéquemment dont la ligne de direction tomberoit en arriere, au-delà de l'appui des pieds du Porte-faix. Mais la fléxibilité de l'épine vient ici fort à propos à ſon ſecours. Il fléchit le corps en avant, & il l'ramene, par ce moyen, le centre de gravité dans la ſituation qui convient à la ſtabilité de ſon corps.

Mouvement naturel du Porte faix.

C'eſt par une raiſon contraire, qu'une femme groſſe, ou que toute autre perſonne qui embraſſe un fardeau, & qui le porte entre ſes bras, ou devant elle, a ſoin de ſe redreſſer, & de jetter ſon corps en arriere. Elle change, par ce moyen, la ligne de direction qui tombe en avant, & elle la ramene au point de la faire paſſer par l'appui de ſes pieds.

Même mouvement dans une perſonne chargée ſur le devant.

C'eſt encore pour cette raiſon, qu'une

perſonne qui ſe baiſſe d'un côté, porte la croupe du côté oppoſé : encore eſt-elle ſouvent obligée d'étendre le bras oppoſé, pour ramener la ligne de direction dans une poſition convenable à la ſtabilité de ſon corps.

Lorſque la poſition du corps l'empêche de ſe prêter à ces ſortes de mouvemens, il perd ſa ſtabilité, & il eſt entraîné par la chûte de ſon centre de gravité. C'eſt ce qui arriveroit, par exemple, à une perſonne dont les talons & les épaules ſeroient appuyés contre un plan vertical, contre un mur, & qui voudroit s'incliner en avant pour ramaſſer un corps qu'on auroit mis à ſes pieds. La tête & la poitrine s'inclinant alors au-delà de l'appui des pieds, ſans que la croupe pût ſe porter en arriere, par la réſiſtance inſurmontable du plan contre lequel elle ſeroit appuyée, ſa ligne de direction tomberoit à une diſtance plus ou moins éloignée des pieds, & entraîneroit avec elle la chûte de la perſonne.

D'où il ſuit que ſi la ligne de direction peut tomber, lorſqu'il s'agit de l'homme, à quelque diſtance au-delà de l'appui de ſes pieds, la ſtabilité de ſon corps dépend alors de ſa flexibilité qui ramene cette ligne dans ſa véritable ſituation.

Digitized by Google

Il paroîtroit assez naturel de croire, qu'en marchant devant soi, il conviendroit de placer directement les pieds l'un devant l'autre, de façon qu'ils fussent continuellement rangés en ligne droite, comme on le remarque (plan. 1, fig. 4), afin que la ligne de direction tombât constamment entre les deux pieds. Quoique cette maniere de disposer ses pieds en marchant, paroisse, au premier aspect, plus conforme aux loix de la méchanique, on conçoit facilement que le corps de l'homme n'auroit point alors toute la stabilité dont il a besoin. Le moindre mouvement, d'un côté ou d'un autre, rejetteroit nécessairement la ligne de direction au-delà de l'appui de ses pieds, soit à droite, soit à gauche, & le corps seroit entraîné par la chûte du centre de gravité. Aussi la Nature a-t-elle appris à l'homme à marcher d'une maniere plus stable, & à porter alternativement ses pieds à droite & à gauche, de façon que le centre de gravité & la ligne de direction décrivent en même temps une espece de ligne endentée ABCDE, (plan. 1, fig. 5), qui conserve à ce centre & à la ligne de direction, une base plus étendue & plus propre à soutenir la masse du corps,

Position des pieds dans un homme qui marche.

Plan. 1, fig. 4.

Plan. 1, fig. 5.

Digitized by Google

dans les différentes inflexions qu'il peut faire.

Il n'eſt pas même poſſible à l'homme, à moins qu'il n'y faſſe une attention continuelle, & qu'il ne ſoit parfaitement dirigé dans ſon mouvement, de poſer alternativement ſes deux pieds dans la même ligne droite. On ſe convaincra aiſément de cette vérité, en plaçant à quinze à vingt pieds de diſtance l'un de l'autre, & dans la même ligne droite, deux bâtons peints de différentes couleurs. L'expérience fait voir que, ſi on dirige ſon mouvement dans l'alignement de ces deux eſpeces de jallons, ayant ſoin de tenir conſtamment l'un des deux yeux fermé, on verra alternativement le dernier de ces deux bâtons à droite & à gauche.

De quelle maniere les Danſeurs de corde conſervent la ligne de direction.

(272) Les Danſeurs de corde acquièrent cependant, par un long exercice, la faculté de marcher dans la même ligne droite ; encore ont-ils beſoin d'être dirigés par un point fixe, qu'ils ne perdent jamais de vue. Ce point eſt communément celui auquel l'une des extrêmités de la corde eſt attachée. Ils ont outre cela dans les mains un grand levier, une perche chargée de plomb à ſes deux extrémités ; c'eſt ce qu'ils appellent un *balancier*. Il ſert à con-

Digitized by Google

tenir le centre de gravité, ou mieux la ligne de direction dans l'appui de la corde.

On conçoit aiſément que cette corde, quelque tendue qu'elle ſoit, n'eſt point inflexible, & que le corps lui-même, cédant à différens mouvemens auxquels il eſt expoſé, il fait de momens à autres des inflexions qui portent le centre de gravité, tantôt à gauche, tantôt à droite au delà de la corde. Pour obvier à ces inconvéniens qui entraîneroient la chûte du Danſeur, il a ſoin de pouſſer ſon balancier, & de le rendre plus long du côté oppoſé à celui vers lequel il ſent que le poids de ſon corps l'entraîne. Par ce moyen, il ramene adroitement la ligne de direction dans l'appui même de la corde. Au défaut d'un balancier, il ſe ſert quelquefois avantageuſement de ſes bras, qu'il fait fléchir & étendre à propos: mais ce dernier moyen, beaucoup moins efficace que le premier, ne peut ſuffire qu'à un homme extrêmement habitué à ce genre d'exercice; encore n'oſe-t-il s'expoſer alors à des ſauts, à des mouvemens auſſi grands que ceux qu'il pourroit faire à l'aide d'un balancier.

(273) Inſtruits par la nature, les animaux ſavent également conſerver la ligne de direction, dans la ſituation qui convient à la ſtabilité

De quelle maniere les animaux conſervent la même ligne.

de leur corps. *La plupart des oiſeaux aquatiques, dont les jambes ſont ſuffiſamment écartées, pour qu'ils puiſſent nager plus aiſément, & ſe tourner plus promptement dans l'eau, ne marchent jamais droit devant eux. Ils ne placent jamais leurs pieds l'un devant l'autre. Ceux au contraire, dont le pied n'eſt pas auſſi plat, tels que les poules, les autruches, &c. peuvent aiſément ſe diſpenſer de ſe mouvoir par une eſpece d'ondulation. Ils peuvent très-bien conſerver la ligne de direction dans ſa véritable poſition, en plaçant leurs pieds immédiatement l'un devant l'autre; & c'eſt le mouvement qui leur eſt plus ordinaire. Ils ſe tiennent outre cela plus facilement que l'homme ou que tout autre animal, ſur un ſeul pied, & parce que leur ligne de direction eſt beaucoup plus courte, & parce que la forme de leurs pieds qui ſont armés d'ongles aſſez allongés & écartés les uns des autres, leur fournit un appui ou une baſe plus étendue. Les quadrupedes marchent preſque tous de cette maniere : ils ont toujours trois pieds appuyés en même temps ſur le terrein. Par ce moyen, la baſe ſur laquelle tombe leur ligne de direction, changeant, au moment où ils ſe meuvent, la forme quadrangulaire, pour en prendre une qui

qui n'eſt plus que triangulaire, la partie de cette baſe ſur laquelle la ligne de direction ſe porte, ſe trouve aſſez conſtamment dans la même ligne verticale, ou à très-peu de diſtance de cette ligne.

Il faut donc, dans toute circonſtance quelconque, que le centre de gravité d'un corps ſoit ſoutenu, & que ſa ligne de direction paſſe par la baſe ſur laquelle il s'appuie, pour que ce corps conſerve ſa ſtabilité; & c'eſt le cas du premier axiome que nous venons de développer. Voici le ſecond.

(274) *Un corps tombe ou deſcend, toutes fois que rien ne s'oppoſe à ce que ſon centre de gravité s'approche du centre de la terre.* Axiome ſecond.

Toute la gravité d'un corps, ou d'un ſyſtême de corps, tout ſon effort vers le centre des graves, étant réuni, comme nous l'avons obſervé (266), dans un ſeul point, il eſt manifeſte que, ſi rien ne s'oppoſe à la tendance naturelle de ce point, il entraînera néceſſairement le corps vers le centre de la terre, & ce dernier s'y précipitera d'une maniere ou d'une autre, conformément à ſa figure ou à ſa ſituation.

Un globe A (plan. 1, fig. 6), poſé ſur un plan horiſontal DE, y demeurera ſtable & Pl. 1, fig. 6.

immobile, parce que son centre de gravité étant en C, centre du globe, tout l'effort de ce corps pour tomber, étant réuni en ce point, cet effort sera détruit par le plan DE, par lequel la ligne de direction CB passe nécessairement. Mais que ce plan devienne incliné, & prenne la situation DE (plan. 1, fig. 7), son centre de gravité C ne sera plus soutenu par le plan : sa ligne de direction CB portera à faux, & le globe obéissant à l'effort de sa gravité, descendra, en roulant sur la longueur de ce plan. Si au lieu d'un globe, on prend un corps terminé par des surfaces planes, tel que le cube A, (plan. 2, fig. 1), son centre de gravité C tendant à s'approcher du centre de la terre, entraînera le corps, en glissant le long du plan incliné DE, & ce centre suivra la ligne C*a*, parallele à la longueur du plan DE. Le mouvement de ce corps, impossible en tout autre sens, ne peut trouver d'obstacle dans sa direction C*a*, que de la part du frottement que le mobile doit éprouver, en glissant sur le plan incliné.

Pl. 1, fig. 7.

Pl. 2, fig. 1.

Applications de ce principe.

On a su profiter de cette propriété du centre de gravité, de cette tendance à se porter vers le centre des graves, & de

Digitized by Google

ſa chûte réelle, lorſqu'il ne ſe trouve point d'obſtacle qui s'oppoſe efficacement à cet effet, pour conſtruire différentes machines qui méritent d'être connues des Phyſiciens, & à raiſon des avantages que les unes peuvent nous procurer, & à raiſon de la ſingularité des autres. Nous nous bornerons à en décrire un fort petit nombre, mais ſuffiſant, pour que cette connoiſſance puiſſe nous mettre à portée de ſaiſir aiſément la conſtruction des autres.

(275) Sans parler ici de la conſtruction de la bouſſole marine & de ſes uſages, dont nous aurons occaſion de parler à l'article de l'*aimant*, nous obſerverons cependant que c'eſt à la tendance qui porte le centre de gravité de cet inſtrument à deſcendre continuement, qu'on doit la poſition horiſontale, dans laquelle elle ſe tient conſtamment, malgré l'agitation perpétuelle du vaiſſeau. Bouſſole marine.

La boëte S (plan. 2, fig. 2), qui porte l'aiguille de cet inſtrument, eſt mobile dans une eſpece de chaſſis EF, qu'on appelle le *balancier*, dans lequel elle eſt ſoutenue par deux chevilles A & B, ſur leſquels elle ſe meut, comme ſur un axe AB. Le balancier Pl. 2, fig. 2

Digitized by Google

lui-même est pareillement mobile, par le moyen de deux autres chevilles C & D, qui se meuvent dans une boëte quarrée, qu'on place fixément dans une armoire ouverte, qu'on appelle l'*habitacle*. Cette armoire est toujours fixée perpendiculairement à la quille du vaisseau. La concavité de la boëte S, qui peut se balancer aisément autour de AB & CD, est lestée de plomb, pour diminuer sa trop grande mobilité, & en même temps pour donner plus de facilité au centre de gravité, qui se trouve, par ce moyen, plus bas autour des points de suspension, à suivre sa direction, & à conserver la situation horisontale du cadran de la bousole.

La lampe de Cardan.

(276) La lampe de *Cardan* est encore une application fort heureuse, & semblable à la précédente, de cette même propriété du centre de gravité.

Pl. 2, fig. 3.

Cette lampe, faite en forme d'hémisphere A (plan. 2, fig. 3), est lestée vers son fond F, & suspendue dans le cercle RTS, par deux chevilles B & C. Ce cercle lui-même est suspendu dans un autre VXZ, par les boulons *a e*; de sorte que la machine se mouvant librement sur ces quatre points, & son

Digitized by Google

centre de gravité étant placé vers le fond de cette lampe, ſon plan hémiſphérique ſe trouve conſtamment dans une ſituation parallele à l'horiſon; diſpoſition qui empêche l'huile de ſe répandre, & la lumiere de s'éteindre, à quelque mouvement que cette machine ſoit expoſée. On pourroit même, en fixant le dernier cercle entre trois autres qui s'entre-croiſeroient, & qui feroient portion d'une même ſphere, faire rouler toute la machine ſur un plan, ſans qu'il arrivât le moindre accident à la lampe.

(277) *L'odometre* eſt encore une machine fort ingénieuſe, que nous avons décrite (*Deſc. & uſ. d'un Cab. de Phyſ. t. 1, plan. XI, fig. 7 & 8*). Elle ſert, comme nous l'avons fait obſerver alors, à meſurer le chemin que fait une voiture dans un temps donné. Son premier moteur eſt un centre de gravité, qui tend conſtamment à deſcendre, & qui deſcend effectivement tant que la machine ſe meut circulairement. Son mouvement entraîne celui d'un rouage qui mene des aiguilles. Celles-ci indiquent continuellement le nombre de tours faits par une roue de carroſſe, entre deux rayons de laquelle le rouage eſt fixement attaché. L'odometre

Digitized by Google

Si on a ſu profiter de la tendance du centre de gravité, pour conſtruire des machines qui peuvent devenir très-importantes dans leur ſervice, on a ſu pareillement mettre à profit cette même propriété, pour en conſtruire pluſieurs qui ne ſont que de pur amuſement. On doit ranger dans cette claſſe les ſuivantes, que nous allons faire connoître.

Le cylindre qui s'éleve ſur un plan incliné. Pl. 2, fig. 4.

(278) Soit une portion de cylindre A B (plan. 2, fig. 4), dont la baſe ait trois pouces de rayon, ou environ. Tranſportez le centre de gravité de ce corps vers ſa circonférence, en y introduiſant un petit cylindre de plomb *o*. Le cylindre A B étant placé vers la partie inférieure d'un plan incliné C D, de façon que ſa ligne de direction *a* P ne ſoit point ſoutenue, il roulera ſur ce plan, & il s'élevera vers la partie ſupérieure D.

Quoique ce corps, conſidéré en totalité, monte & s'éleve vers le haut du plan incliné, ſon centre de gravité deſcend réellement. Ce centre, en effet, étant ſitué en *a*, ſa tendance vers le centre de la terre, ou mieux, ſa ligne de direction eſt *a* P : mais ce corps ne touche alors le plan incliné qu'en *f*. Ce plan ne s'oppoſe donc aucunement à la chûte

Digitized by Google

de son centre de gravité, qui porte à faux. Ce dernier décrit donc alors l'arc *a t*, & descend de la quantité *a i*; tandis que le mobile monte du point *f* au point *g*, de la quantité *g r*, égale *a i*. Lorsque ce cylindre est arrivé en *g*, sa ligne de direction est *t q*. Cette ligne tombe encore au-delà de l'appui *g* du plan. Le centre de gravité doit donc encore continuer à descendre. Il descend effectivement encore, en roulant, & la totalité du cylindre continue à s'élever vers D; ce qui doit avoir lieu, jusqu'à ce que le centre de gravité soit arrivé à un point de sa révolution, où la ligne de direction soit perpendiculaire au plan D C.

On conçoit parfaitement que si on posoit ce corps sur un plan horisontal, en l'y appliquant sur un des points de sa circonférence, comme on peut le remarquer (pl. 2, fig. 5), il ne pourroit y demeurer en repos que dans deux positions seulement, ou lorsque son centre de gravité O, étant perpendiculaire au plan de la table, sa ligne de direction B A passeroit par ce plan, ou lorsque ce centre O, étant tourné vers la table, dans une situation diamétralement opposée à la premiere, sa ligne de direction O P passeroit Pl. 2, fig. 5.

Digitized by Google

encore par le plan de cette table. Dans toute autre position, ce centre de gravité porteroit à faux, & ne seroit point soutenu. Il feroit donc effort pour descendre, & il descendroit effectivement, & le cylindre se balanceroit sur la table, jusqu'à ce qu'il eût acquis la derniere position que nous venons de supposer.

Le double cône.

(279) Un solide fait de deux cônes joints ensemble, ou qui ont une base commune, posé sur deux regles qui font un angle, & qui sont un peu élevées vers leurs extrémités opposées à l'angle, roule le long de ces regles, & s'éleve jusques vers leurs parties supérieures. (*Desc. & us. d'un Cab. de Phys. t. 1, pl. XII, fig. 1.*)

Pl. 2, fig. 6.

Pour rendre raison de ce phénomene, ne considérons que le plan A B *b* (pl. 2, fig. 6), où se trouve le centre de gravité *a* du solide, que nous supposons régulier & homogene, pour mettre plus de facilité dans l'exposition de cette théorie. Ce centre se trouve élevé au-dessus du plan qui porte le corps, de la quantité *a b*, ligne de direction, & égale à *p* F. Or, eu égard à l'inclinaison des regles, ce corps ne portant que sur l'appui qu'elles lui présentent au point *r*, qui est au-delà du

Digitized by Google

point *b*, où se porte la tendance du centre de gravité *a*, rien ne s'oppose à la chûte de ce centre. Il tombe donc, & en tombant, le solide roule sur les regles : mais comme ces regles sont inclinées, & qu'elles s'écartent continuellement l'une de l'autre, ce corps s'appuie sur des points qui s'approchent de plus en plus des extrémités de son axe. Son centre de gravité descend donc continuellement entre les deux regles, à proportion que le solide s'éleve vers le point C ; de sorte qu'arrivé en C, son centre de gravité est descendu de la quantité *p* C.

Le Culbuteur Chinois.

(280) Personne n'a su profiter plus ingénieusement que les Chinois, de la tendance du centre de gravité. Ils ont trouvé moyen de rendre ce centre mobile, & de lui faire changer de situation, dans l'intérieur d'une petite figure humaine, à laquelle ils font exécuter, par ce moyen, différens mouvemens. Ces mouvemens imitent assez bien ces sauts de force qu'on voit faire sur le théatre de nos Danseurs de corde.

Imaginez une petite figure creuse, dont l'intérieur est divisé en deux parties, par une planchette située diagonalement des épaules à la partie inférieure du tronc. Cette plan-

Digitized by Google

chette eſt percée vers le haut & vers le bas, d'un trou qui communique dans les deux eſpaces qu'elle concourt à former.

Les bras & les épaules ſont mobiles ſur deux pivots, ainſi que les jambes & les cuiſſes, qui roulent ſur deux autres pivots, placés un peu au-deſſus de la partie inférieure du tronc. Les mouvemens de ces parties ſont modérées par un fil, de maniere que la figure ne peut faire qu'une demi-révolution, autour des points mobiles que nous venons d'indiquer.

L'intérieur de la figure eſt chargé d'une quantité aſſez abondante de mercure, pour que le centre de gravité du ſyſtême de corps ſoit placé dans la partie, où ce fluide ſe trouve raſſemblé.

Cela poſé, ſi on conſtruit un gradin compoſé de pluſieurs étages, & qu'on établiſſe, ſur le bord du premier, la figure repliée ſur elle-même, & appuyée ſur ſes deux mains; le mercure ſe précipitera dans la cavité de ſa tête, y tranſportera le centre de gravité. Celui-ci n'étant point alors ſoutenu, fera faire une révolution à la tête, entre les deux pivots des bras. Cette révolution entraînera le corps de la figure, qui ſe pré-

Digitized by Google

cipitera ſur ſes pieds, en tombant ſur le ſecond étage. Le centre de gravité ſe trouvera alors vers la partie inférieure du tronc, un peu élevé au-deſſus du pivot des cuiſſes. Le tronc fera donc une demi-révolution entre ces deux pivots, & la figure tournant ſur elle-même, ſe précipitera ſur les mains, en tombant ſur le troiſieme étage, & ainſi de ſuite, de gradins en gradins, juſqu'à ce qu'étant arrivée ſur le dernier, ou mieux ſur la table qui porte toute la machine, elle y faſſe une demi-révolution qui l'étendra ſur cette table.

(281) Nous terminerons ici ce qui concerne le centre de gravité, en faiſant obſerver que, ſi ce centre, conſidéré dans toute ſorte de corps, tend conſtamment à deſcendre & deſcend effectivement, lorſqu'il n'eſt pas ſoutenu, il peut ſe faire cependant qu'un corps demeure ſtable, quoique ſon centre de gravité ne paroiſſe pas ſoutenu, & qu'il ſoit placé au deſſous du point d'appui qui ſoutient le corps. Cet effet a lieu chaque fois qu'un corps eſt placé de maniere qu'il ne peut tomber, ſans que ſon centre de gravité ne s'éleve.

C'eſt pour cette raiſon que, ſi on fixe un

Digitized by Google

Pl. 3, fig. 1. Le ſceau ſoutenu plein d'eau, ſur la lame d'un couteau.

bâton AB (plan. 3, fig, 1), dans un ſceau CD rempli d'eau, de maniere que ce bâton ſoit appuyé, d'une part, contre le fond du ſceau, & de l'autre part, contre l'anſe FAD; & qu'on faſſe paſſer la lame d'un couteau entre le bâton & l'anſe, le ſceau demeurera ſtable, ſi on poſe le manche du couteau ſur une table. Suppoſant en effet que le centre de gravité de ce ſyſtême de corps ſoit en K, le ſceau ne peut tomber que le couteau ne décrive l'arc HL, & conſéquemment que le centre de gravité K ne décrive en ſens contraire l'arc KM. Or il ne peut décrire cet arc, ſans s'élever. Le ſceau demeurera donc ſtable dans cette poſition, & ne tombera point.

Petite figure en équilibre ſur un pied.

C'eſt encore par la même raiſon qu'on voit de petites figures d'ivoire ſe tenir ſur un pied, & faire différens mouvemens ſur l'appui qui les porte. On paſſe un fil de fer dans le corps de ces figures. A chaque extrêmité de ce fil, recourbé de haut en bas, on adapte une balle de plomb; ce qui reporte le centre de gravité du ſyſtême de corps plus ou moins loin au deſſous du point d'appui. La figure ne peut alors tomber, qu'elle ne décrive un arc, en ſuppo-

Digitized by Google

ſant toutefois qu'elle ne gliſſe point au-delà de la baſe qui lui ſert d'appui. Or, cette figure décrivant un arc, il faut néceſſairement que les balles de plomb en décrivent un autre en ſens contraire; ce qui feroit monter le centre de gravité contre ſa tendance naturelle. La figure doit donc demeurer ſtable ſur ſon pied.

ARTICLE SECOND.

Du Levier.

(282) Le *levier* eſt une machine ſimple, qu'on conſidere géométriquement comme une ligne inflexible & ſans peſanteur; ce qui ne peut avoir lieu phyſiquement & dans la pratique, puiſqu'il eſt fait d'une matiere peſante & flexible juſqu'à un certain point. Il faut donc, lorſqu'on conſidere le levier phyſiquement, avoir égard, 1°. à ſon poids, qui influe quelquefois plus ou moins en faveur de la puiſſance ou de la réſiſtance, comme nous aurons occaſion de le faire obſerver: 2°. à ſa flexibilité, qui peut occaſionner quelques changemens entre les diſ- Définition.

Digitized by Google

tances de la puiſſance & de la réſiſtance, par rapport au point d'appui.

Diviſion du levier en trois genres.

(283) On conſidere trois choſes dans le levier ; *la puiſſance*, *la réſiſtance* & *le point d'appui* (266). Suivant que ces trois choſes ſont différemment combinées entre elles, le levier prend différens noms, & eſt de différens genres.

Premier genre.

On le nomme *levier du premier genre*, lorſque le point d'appui ſe trouve ſitué entre la puiſſance & la réſiſtance, ſoit qu'il ſoit à même diſtance de l'une & de l'autre, ſoit qu'il ſoit plus proche de l'une que de l'autre.

Second genre.

On l'appelle *levier du ſecond genre*, lorſque le point d'appui étant placé à l'une des extrêmités du levier, la puiſſance eſt à l'autre, & la réſiſtance entre le point d'appui & la puiſſance.

Troiſieme genre.

On le nomme enfin *levier du troiſieme genre*, lorſque le point d'appui eſt pareillement ſitué à l'une des extrêmités, & que la puiſſance eſt placée entre ce point d'appui & la réſiſtance.

De quelque eſpece que ſoit le levier, ſon uſage le plus ordinaire eſt de procurer à la puiſſance le moyen d'agir avec plus d'a-

Digitized by Google

vantage contre la réſiſtance, & il ſuffit, pour juger de tout ce qu'on peut eſpérer de cette machine, de connoître ce qui conſtitue l'équilibre entre une puiſſance & une réſiſtance qui agiſſent l'une contre l'autre, par le moyen d'un levier. Cet équilibre une fois connu, on conçoit aiſément que la puiſſance doit ſurmonter la réſiſtance, pour peu qu'on ajoute à l'effort que la premiere peut faire, abſtraction faite toutefois du frottement & des autres obſtacles qui nuiſent plus ou moins au mouvement de la machine.

(284) Nous obſerverons ici que, lorſque des maſſes ſont en équilibre aux extrêmités d'un levier, ou de toute autre machine qu'on peut conſidérer comme un levier, on juge de leurs vîteſſes, ou mieux de celles qu'elles auroient, ſi elles étoient en mouvement, par leurs diſtances au point d'appui. Ces diſtances, en effet, peuvent être regardées comme les rayons d'un cercle, aux extrémités duquel ces corps ſe mouveroient, & conſéquemment comme meſurant exactement les eſpaces qu'ils parcourroient dans le même temps. Pour rendre cela plus ſenſible, ſuppoſons deux

Obſervation ſur la maniere d'eſtimer la vîteſſe dans le cas d'équilibre.

Digitized by Google

corps placés aux extrêmités B & C du le-
Pl. 3, fig. 2. vier BC, (plan. 3, fig. 2), dont le point d'appui ſoit en A, & dont le bras AC ſoit trois fois plus long que le bras AB. Le corps qui ſera ſuſpendu en C, ſera donc trois fois plus éloigné du point d'appui, que celui qui ſera ſoutenu en B. Cela poſé, ſi le levier vient à ſe mouvoir autour du point A, & que ſon extrêmité B s'éleve juſqu'en D, dans le même temps que ſon extrêmité C arrivera au point E. L'arc CE ſera trois fois plus grand que l'arc BD, puiſque les arcs ſont entre eux, comme les rayons autour deſquels ils ſont décrits; ainſi qu'on le démontre en Géométrie. La vîteſſe du poids P ſera donc trois fois plus grande que celle du poids R, & conſéquemment les vîteſſes des corps qui ſont ſuſpendus aux extrêmités d'un levier, s'eſtiment par leurs diſtances au point d'appui.

Ces notions établies, on ſaiſira facilement la démonſtration de la loi générale d'équilibre, & on concevra parfaitement de quelle maniere il convient de procéder, pour démontrer, par expérience, tous les cas qui ont rapport au levier.

Loi générale d'équilibre. (285) *Il y aura toujours équilibre entre une*

une puiſſance & une réſiſtance qui agiront l'une contre l'autre, à l'aide d'un levier, de quelqu'eſpece qu'il ſoit, lorſque leurs maſſes ſeront en raiſon réciproque de leurs diſtances au point d'appui. C'eſt-à-dire, lorſque l'une des deux maſſes ſurpaſſera l'autre, autant que la diſtance de cette derniere au point d'appui, ſurpaſſera la diſtance de la premiere.

Premier cas pour le levier du premier genre. Pl. 3, fig. 3.

Suppoſons, 1°. un levier du premier genre AB (plan. 3, fig. 3), dont le point d'appui C ſoit également éloigné des extrémités A & B, auxquelles ſont ſuſpendues les maſſes égales P & R. Ces maſſes ſont alors en raiſon réciproque de leurs diſtances au point d'appui, & elles ſont en équilibre entre elles.

Les maſſes, en effet, & les diſtances au point d'appui, étant égales de part & d'autre, on peut dire que la maſſe P, eſt à la maſſe R, comme la diſtance de cette derniere au point d'appui C, eſt à la diſtance de la premiere au même point d'appui. Il y a donc, 1°. raiſon réciproque entre les maſſes & leurs diſtances au point d'appui. 2°. Il y a équilibre entre ces maſſes. L'équilibre conſiſte dans l'égalité des forces qui luttent les unes contre les autres. Celles-ci ſont égales au produit de la maſſe par la viteſſe actuelle,

Digitized by Google

ou par celle dont la masse jouiroit si elle étoit en mouvement (103). Or, si on vient à supposer que le levier A B se meuve autour du point C, les poids P & R, qu'on suppose égaux en masse, acquerront la même vîtesse, puisqu'ils sont suspendus à des distances égales du point d'appui C (284). Les produits des masses par les vîtesses, seront donc égaux de part & d'autre, & conséquemment les masses sont en équilibre, ce que l'expérience justifie, en faisant usage de l'appareil que nous avons indiqué (*Desc. & us. d'un Cab. de Phys. t.* 1, *pl. XII*, *fig.* 3, 4, 5). On remarquera que des masses égales, suspendues aux extrémités d'un levier du premier genre, dont les deux bras sont égaux, se font mutuellement équilibre.

Second cas pour le même levier. Pl. 3, fig. 4.

Supposons, 2°. que le levier B C (plan. 3, fig. 4), étant encore du premier genre, le point d'appui A soit plus proche de l'une des extrémités, que de l'autre; qu'il soit, par exemple, trois fois plus proche de B que de C. Dans ce cas, il y aura encore équilibre, si les masses suspendues à ces extrémités, sont en raison réciproque de leurs distances au point d'appui, si le poids R est trois fois plus grand que le poids P.

Digitized by Google

On conçoit, en effet, que si le levier B C vient à se mouvoir autour de son point d'appui A, le poids P étant à une distance triple de celle du poids R, il décrira un arc trois fois plus grand dans le même temps. La vîtesse du poids P sera donc trois fois plus grande que celle de R, & on aura équilibré entre l'un & l'autre, puisque la masse P, étant égale à 1, & multipliée par sa vîtesse 3, donnera le même produit que la masse R, exprimée par 3, & multipliée par sa vîtesse 1.

C'est ici qu'il faut absolument avoir égard à la pesanteur du levier, lorsqu'on veut confirmer cette théorie par l'expérience. L'un des deux bras du levier, étant, dans ce cas, trois fois plus long que l'autre, son poids est nécessairement trois fois plus grand; & cet excès de poids tourneroit à l'avantage du poids P, si on n'avoit soin, avant de faire l'expérience, de mettre le levier en équilibre avec lui-même, comme nous l'avons fait observer (*Desc. & us. d'un Cab. de Phys.* t. 1). On doit avoir la même attention, dans tous les cas où l'on fait usage de cette machine, lorsque l'un de ses bras doit être disposé de la même maniere.

(286) Cette théorie est encore la même, Même théorie pour le le-

levier du second & du troisieme genre.

lorsqu'il s'agit du levier du second & du troisieme genre. On trouve encore équilibre entre la puissance & la résistance, lorsque leurs masses sont en raison réciproque de leurs distances au point d'appui.

Supposons en effet que le levier BC se meuve sur son extrêmité C, autour d'un point d'appui A, (plan. 3, fig. 5), que la résistance R soit appliquée à une distance donnée du point A, supposons à une distance comme 1, & que la puissance P, appliquée à son extrêmité B, soit éloignée du même point d'appui à une distance comme 3, nous aurons alors un levier du second genre (283). Disposons cette puissance, de maniere qu'elle agisse en sens contraire contre ce levier; c'est-à-dire, que le fardeau R tendant à le faire mouvoir de haut en bas, la puissance P tende à le faire mouvoir de bas en haut; ce qu'on exécute, en faisant passer le fil qui soutient la puissance sur la circonférence d'une poulie *a*: la chûte du poids P, ou son mouvement de haut en bas, entraîne nécessairement l'extrêmité B du levier de bas en haut. Or, dans ce cas, on aura équilibre, si les masses P & R sont en raison réciproque de leurs distances au point d'ap-

Pl. 3, fig. 5.

Digitized by Google

pui A ; c'eſt-à-dire, ſi le fardeau R eſt trois fois plus grand que la maſſe P, puiſqu'alors la vîteſſe de P étant trois fois plus grande que celle de R (284), on aura le produit de la maſſe P multipliée par ſa vîteſſe, qui ſera égal à celui de la maſſe R, multipliée par la ſienne.

Ce que nous venons de démontrer en ſuppoſant le levier du ſecond genre, peut s'appliquer facilement au levier du troiſieme genre. Il ne s'agit pour cela que de changer la diſpoſition de la puiſſance & de la réſiſtance, ou mieux, de changer ſeulement la dénomination des poids, & de ſuppoſer que le poids R repréſente la puiſſance, & le poids P la réſiſtance ; le levier deviendra alors du troiſieme genre (283), & la même démonſtration ſuffira. Il eſt donc conſtant que, dans toute eſpece de levier poſſible, la puiſſance & la réſiſtance ſont toujours en équilibre entre elles, lorſque leurs maſſes ſont en raiſon réciproque de leurs diſtances au point d'appui ; ce qui eſt on ne peut plus conforme à ce que l'expérience nous apprend.

(287) Il ſuit de la conſtruction des différens genres de leviers, & de la loi générale Corollaire.

Digitized by Google

d'équilibre que nous venons de démontrer, 1°. que le levier du premier genre peut également favoriſer la puiſſance & la réſiſtance, puiſque ſes deux bras étant ſuppoſés inégaux, la puiſſance ou la réſiſtance peuvent également être placées à l'extrêmité du plus long de ſes deux bras. 2°. Que le levier du ſecond genre tourne tout ſon avantage au profit de la puiſſance, puiſque, dans tous les cas poſſibles, elle eſt néceſſairement placée à une plus grande diſtance du point d'appui. Le contraire ſe fait obſerver dans le levier du troiſieme genre, dans lequel la réſiſtance eſt néceſſairement plus éloignée que la puiſſance du même point d'appui.

Lorſqu'on conſidere la diſpoſition des muſcles dans le corps de l'homme & dans celui des animaux, on voit manifeſtement que l'Auteur de la Nature n'a point eu égard à l'avantage qu'on peut attendre du choix du levier. Il les a tous diſpoſés de maniere que la puiſſance agit par un levier du troiſieme genre. La réſiſtance s'y trouve conſtamment plus éloignée du point d'appui commun, que la puiſſance. Mais ſi ce procédé paroît aller directement contre les loix les

Digitized by Google

plus générales de la méchanique, il offre à l'œil du Phyſicien la preuve la plus lumineuſe des reſſources infinies d'une puiſſance ſuprême (note 1).

Note 1.

(288) D'après la théorie que nous venons d'expoſer, on conçoit aiſément la ſolution du fameux problême *d'Archimede*, qui ne demandoit qu'un levier & un point fixe au-delà du monde, pour ſoulever toute la maſſe de l'univers. *Da punctum, cœlum terramque movebo.*

Problême d'Archimede.

Parmi la multitude d'applications qu'on peut faire de la théorie précédente, nous choiſirons les deux ſuivantes.

Applications de la théorie précédente.

Suppoſons que pluſieurs puiſſances ſe réuniſſent pour ſoutenir un fardeau, par le moyen d'un levier AB (plan. 3, fig. 7), dont le point d'appui C ſoit quatre fois plus éloigné du point A, que du point B. En ſuppoſant que ces puiſſances exercent une même force abſolue ſur le point du levier ſur lequel elles ſont appliquées, on pourra les repréſenter par des maſſes égales P, P, P, P, placées ſur ces mêmes points.

Maniere d'évaluer l'effort de pluſieurs puiſſances qui agiſſent ſur différens points d'un levier. Pl. 3, fig. 7.

Dans cette ſuppoſition, la ſomme des forces contre la réſiſtance R, ſera égale à la ſomme des produits de chaque maſſe mul-

Digitized by Google

tipliée par ſa diſtance particuliere au point d'appui.

Suppoſons, en effet, que C A, quadruple de C B, ſoit diviſé en quatre parties égales C 1, C 2, C 3, C 4; de façon que C 1 ſoit égal à C B, & que les maſſes P, P, P, P ſoient chacune de dix livres; la diſtance C 1 étant égale à C B, la puiſſance appliquée à la premiere diviſion, ne produira qu'un effort de dix livres contre la réſiſtance R, produit de dix livres par une diſtance comme 1. Celle qui ſera appliquée à la ſeconde diviſion, où la diſtance eſt double de C B, produira un effort de vingt livres, produit d'une maſſe comme dix, multipliée par deux de diſtance. Par la même raiſon, l'effort de la puiſſance P, appliquée à la troiſieme diviſion, ſera de trente livres, & celui de la puiſſance P, appliquée en A, ſera de quarante livres. La ſomme, ou l'effort total des quatre puiſſances, ſera donc égale à la ſomme des produits dix, vingt, trente & quarante, leſquels pris enſemble, ſont égaux à cent. Par conſéquent, les quatre puiſſances diſtribuées de la maniere que nous venons d'indiquer ſur le bras C A, ne produiront qu'un effort de cent livres, & ne pourront faire équilibre

Digitized by Google

qu'à un poids R de cent livres, tandis qu'elles euſſent équilibré une réſiſtance de cent ſoixante livres ; ſi elles euſſent été réunies au point A ; puiſque, dans cette derniere ſuppoſition, l'effort total eût été égal au produit d'une maſſe quarante, multipliée par une diſtance comme quatre.

(289) Il ſuit de-là, que ſi un homme, placé à l'extrémité d'un levier, & agiſſant avec toute ſa force, peut contrebalancer un poids de mille livres, appliqué à l'autre extrémité du même levier, quatre hommes auxquels on ſuppoſeroit la même force, ne pourroient contrebalancer un poids de quatre mille livres, s'ils agiſſoient tous les quatre ſur le même bras du levier, puiſqu'étant obligés de ſe diſtribuer, à côté les uns des autres, ſur différens points de ce levier, leurs forces ne pourroient ſe réunir ſur l'extrémité, ou à la plus grande diſtance du point d'appui. Corollaire.

(290) On peut encore, à l'aide de la même théorie, déterminer la charge de deux perſonnes qui portent un fardeau placé ſur la longueur d'un levier, dont elles ſoutiennent les deux extrémités. Suppoſons, par exemple, le levier AB (plan. 3, fig. 8), au milieu D, duquel ſoit ſuſpendu un fardeau R. Dans cette Déterminer l'effort de deux puiſſances qui ſoutiennent un fardeau, par le moyen d'un levier qu'elles ſont obligées de porter. Pl. 3, fig. 8.

Digitized by Google

ſuppoſition, chaque puiſſance P, P, appliquée en A & en B, extrémités du levier, ne porte que la moitié du fardeau.

Concevons, en effet, le levier AB comme un double levier du ſecond genre, & pour cela, ſuppoſons que la puiſſance P, appliquée en B, faſſe fonction du point d'appui. Dans cette ſuppoſition, le levier AB devient un levier du ſecond genre, dans lequel la puiſſance agiſſant en A, eſt une fois plus éloignée du point d'appui B, que le fardeau R, ſuſpendu en D. Elle n'a donc à ſupporter que la moitié de ce fardeau (286).

Si nous ſuppoſons maintenant que la puiſſance P, appliquée en A, faſſe elle-même fonction du point d'appui, le levier AB ſera encore du ſecond genre, parfaitement ſemblable au précédent, & dans lequel la puiſſance P, appliquée à l'extrémité B, trouvera le même avantage contre la réſiſtance R. Elle ne ſupportera donc également que la moitié du fardeau. D'où il ſuit manifeſtement que chacune des deux puiſſances dont il eſt ici queſtion, ne porte que la moitié de la charge appliquée ſur le milieu du levier AB.

Mais ſi ce fardeau étoit poſé ſur tout autre point du même levier, & qu'il fût plus

Digitized by Google

proche de l'une des deux puiſſances que de l'autre, la plus proche en ſupporteroit une portion proportionnellement plus grande. Cette charge ſeroit alors diſtribuée en raiſon réciproque de la diſtance de chaque puiſſance à ſon point d'appui, comparée à la diſtance du fardeau au même point d'appui.

. Suppoſons, par exemple, que le fardeau R ſoit tranſporté en C, de façon que C A ſoit ſous-double de D A, ou que la puiſſance P, appliquée en B, ſoit quatre fois plus éloignée que le fardeau R, du point d'appui A, qui leur eſt commun. Dans ce cas, la puiſſance P, qui agit en B, ne portera qu'un quart du fardeau R. Ils ne peuvent, en effet, ſe trouver en équilibre, qu'autant que leurs maſſes ſeront en raiſon réciproque de leurs diſtances au point d'appui (286). Il faut donc que cette puiſſance P, ſoit à la réſiſtance R, comme la diſtance A C de cette derniere, eſt à la diſtance A B de la puiſſance P. Or, par la ſuppoſition, A C n'eſt que le quart de A B, la puiſſance P, appliquée en B, ne doit donc être que le quart du fardeau R, & conſéquemment cette puiſſance ne porte que le quart de ce fardeau, tandis que la puiſſance P, appliquée en A, en ſupporte les trois quarts.

Digitized by Google

L'expérience juſtifie encore cette théorie avec toute la préciſion poſſible, en faiſant uſage de l'appareil que nous avons décrit. (*Deſc. & uſ. d'un Cab. de Phyſ. t.* 1, *plan. XII, fig.* 6). On voit, en effet, que la charge établie ſur le milieu d'un levier, eſt tenue en équilibre par deux maſſes égales, qui agiſſent ſur les extrêmités du même levier, & qui, ſéparément priſes, ſont chacune ſous-double de la charge. On voit pareillement que cette charge étant portée ſur le point C, la maſſe appliquée à l'extrêmité A, doit être les trois quarts de la charge, tandis que celle qu'on applique en B, n'eſt que le quart de cette même charge, & que le levier demeure alors en équilibre.

Corollaire. (291) Il ſuit de-là qu'on peut facilement diſtribuer une charge entre deux perſonnes, de maniere qu'elles en portent chacune à raiſon des forces qu'elles peuvent employer, en ſuppoſant toutefois que la charge n'excede pas la ſomme des forces que les deux perſonnes peuvent exercer.

Suppoſons qu'un Crocheteur ne puiſſe porter qu'une charge de cent quatre-vingt livres, & qu'on ait un fardeau de deux cens

Digitized by Google

livres à faire porter. On y parviendra, en associant à la force de cet homme, celle d'un enfant capable de porter un poids de vingt livres. Il ne s'agira alors que de placer le fardeau sur la longueur d'un bâton, de façon que la main du Crocheteur soit neuf fois moins éloignée du fardeau, que celle de l'enfant.

Manière de distribuer la volée d'un carrosse, lorsque les chevaux ne sont point égaux.

C'est encore en conséquence de ce même principe, qu'on peut faire tirer également deux chevaux, dont les forces seroient inégales, en distribuant inégalement la volée; mais cette distribution doit être faite en raison réciproque de la force de ces chevaux; c'est-à-dire, que l'excès de longueur qu'on donne à la volée du plus foible, doit compenser exactement l'excès de force que son congénere peut exercer.

Application de la même théorie au levier courbe.

(292) La théorie que nous venons d'établir, est générale pour tous les leviers possibles. Elle peut s'appliquer également au levier courbe, dont les bras font angle entre eux, tel que le levier ACB (pl. 4, fig. 1), dont les bras AC & BC forment un angle droit. Pl. 4, fig. 1.

En faisant abstraction du poids du levier, & en considérant, pour plus grande com-

Digitized by Google

modité, ſes bras comme des lignes inflexibles, il paroît manifeſtement qu'il faut ranger celui-ci parmi ceux de la premiere eſpece, puiſque le point d'appui C s'y trouve placé entre la réſiſtance R & la puiſſance P. Or, en ſuppoſant que le bras CA ſoit diviſé en trois parties égales entre elles, & égales chacune au bras CB, on voit auſſi-tôt que la puiſſance P, étant appliquée à la premiere diviſion, elle doit être de même maſſe que la réſiſtance, pour lui faire équilibre, puiſque les maſſes & les diſtances ſeront alors égales.

Pareillement ſi cette puiſſance eſt appliquée à la ſeconde diviſion, il ſuffira qu'elle ſoit ſous-double de la maſſe R, puiſqu'agiſſant alors à une diſtance double du point d'appui, leurs maſſes ſeront en raiſon réciproque de leurs diſtances. Par la même raiſon, appliquée à la troiſieme diviſion en A, elles ſeront en équilibre, ſi la maſſe P n'eſt que le tiers de celle de la réſiſtance R.

D'où il ſuit que le bras CB demeurant le même, la puiſſance acquerra d'autant plus d'avantage contre la réſiſtance, que le bras CA, à l'extrémité duquel elle ſera appliquée, deviendra plus long. C'eſt en conſéquence de ce principe, qu'un marteau arrache d'au-

Digitized by Google

tant plus facilement un clou, que ſon manche eſt plus long.

(293) Cette même théorie convient encore aux manivelles, dont on fait uſage dans quantité de machines. Ce ſont autant de leviers à la ſtructure deſquels il faut cependant faire attention, pour déterminer les avantages qu'on peut en attendre. Application de la même théorie aux manivelles.

La manivelle d'un rouet, par exemple, eſt faite en forme de C (plan. 4, fig. 2); ce qui réduit ſa longueur à celle de la ligne A B, priſe depuis l'œil de la manivelle, juſqu'au point auquel le manche C eſt attaché. Pareillement une manivelle faite en forme d'S romaine (plan. 4, fig. 3), eſt encore un levier, dont la longueur ſe réduit à celle de la ligne A B. Preſque tous les outils dont on fait le plus fréquent uſage, ſont autant de leviers particuliers. Plan. 4, fig. 2. Pl. 4, fig. 3.

Les ciſeaux, qui ſont entre les mains de tout le monde, ſont un double levier du premier genre, qui ſe meut ſur un point d'appui commun, ſur le clou qui unit les deux branches, & ſur lequel elles roulent. Il eſt placé entre la puiſſance; ce ſont les doigts mis dans les anneaux, & la réſiſtance, ou le corps qu'on ſe propoſe de couper.

Digitized by Google

La pince qui ſert à dépaver les rues; le ciſeau dont le Menuiſier ſe ſert pour enlever du lambris; le bec d'âne dont il fait uſage pour creuſer des mortaiſes, &c. ſont autant de leviers du premier genre.

Ceux du ſecond genre ne ſont point auſſi multipliés. On en trouve cependant quelques exemples dans les Arts. Le couteau du Boulanger, par exemple, dont la lame roule autour d'une eſpece d'axe, en eſt un de ce genre. Le point d'appui eſt au bout de la lame, la puiſſance eſt la main qui s'appuie ſur le manche, & la réſiſtance eſt le pain qu'on ſe propoſe de couper. Il eſt placé entre le point d'appui & la puiſſance.

Les leviers du troiſieme genre ſont encore moins multipliés que ceux du ſecond. Les pincettes à reſſort, qu'on nomme *badines*, ſont de cette eſpece. Le point d'appui eſt dans le reſſort; la puiſſance eſt la main qui embraſſe les deux branches, & la réſiſtance eſt le corps qu'on ſaiſit. Tous les os du corps humain, ſuſceptibles de quelque mouvement, font également l'office de leviers du troiſieme genre, comme il eſt facile d'en juger par la diſpoſition des muſcles qui les font mouvoir (note 1).

Note 1.

Digitized by Google

(294) Nous avons meſuré juſqu'à préſent les diſtances auxquelles les puiſſances & les réſiſtances agiſſent les unes contre les autres, à l'aide des différentes eſpeces de leviers, par la longueur des bras de ces leviers, parce que nous avons toujours ſuppoſé que la puiſſance & la réſiſtance agiſſoient perpendiculairement ſur les points du levier auxquels elles étoient appliquées. Mais lorſqu'elles agiſſent obliquement, comme il arrive en quantité de circonſtances, leurs diſtances ſe meſurent autrement, & il eſt de la plus grande importance de connoître la maniere de déterminer ces diſtances, puiſque l'action des puiſſances eſt toujours en raiſon réciproque de leurs diſtances & de leurs maſſes.

Des puiſſances qui agiſſent obliquement ſur un levier.

Suppoſons un levier AB (plan. 4, fig. 4), aux extrémités duquel ſoient appliquées deux puiſſances qui agiſſent ſelon les directions obliques AR, BP. Si on veut connoître les diſtances au point d'appui, ſelon leſquelles ces deux puiſſances agiſſent l'une contre l'autre, ſoient prolongées les lignes de traction AR, BP, de façon qu'elles concourent en un point D. Du point d'appui C, ſoient menées les perpendiculaires CE, CF. Ces dernieres repré-

Pl. 4, fig. 4.

Digitized by Google

ſenteront les diſtances qu'on cherche ; puiſque toute diſtance à un point donné, ne peut ſe meſurer exactement que par une perpendiculaire à ce point. On ne pourra donc avoir équilibre entre les puiſſances dont il eſt ici queſtion, qu'autant que les maſſes P & R ſeront entre elles en raiſon réciproque des diſtances meſurées par ces perpendiculaires, ou qu'autant que la maſſe P, comparée à la maſſe R, ſera dans le même rapport que la diſtance C E, comparée à la diſtance C F.

Maniere d'évaluer la différence entre l'action perpendiculaire & l'action oblique.

(295) Veut-on connoître maintenant la différence entre l'effort de la puiſſance P, appliquée ſelon la direction B P, à l'extrémité B du levier, & l'effort de cette même puiſſance appliquée perpendiculairement en B.

Du point C, pris pour centre, & d'une ouverture de compas égale à C F, décrivez l'arc F *b*; ce qui donnera C *b*, égal à C F. La puiſſance P, appliquée en B, ſelon la direction B P, ne produit donc ici que le même effet qu'elle produiroit, ſi elle étoit appliquée perpendiculairement en *b*. Or, comme la maſſe reſte la même dans les deux cas, l'effort qu'elle produit dans ces deux circonſtances, eſt néceſſairement dans le rapport de la diſtance C *b*, comparée à la diſtance C B.

Digitized by Google

On dira donc que la puiſſance P, appliquée obliquement en B, ſelon la direction B P, eſt à l'effort de cette même puiſſance appliquée perpendiculairement au même point B, comme C *b* eſt à C B.

Ce que nous diſons de la puiſſance P, doit s'entendre également de la réſiſtance R. On aura donc pareillement l'effort de cette derniere, conſidérée dans les deux mêmes circonſtances, en décrivant l'arc E *a*, & en faiſant la proportion ſuivante. L'action de la puiſſance R, appliquée à l'extrémité A du levier, ſelon la direction A R, eſt à l'action de cette même puiſſance, appliquée perpendiculairement au même point A, comme la diſtance C *a* eſt à C A.

On peut, à l'aide d'une méthode géométrique & générale pour tous les cas, déterminer aiſément ces rapports de diſtance, & connoître, par ce moyen, quel doit être le rapport des maſſes, pour qu'elles puiſſent ſe faire équilibre (note 2). Note 2.

Il ſuit de ce que nous venons de démontrer, que l'effort de deux puiſſances, ou d'une puiſſance & d'une réſiſtance, qui agiſſent l'une contre l'autre, par le moyen d'un levier, n'eſt jamais plus conſidérable que lorſqu'elles

Digitized by Google

agiſſent perpendiculairement aux extrémités du levier auquel elles ſont appliquées ; & c'eſt ce qu'on peut confirmer d'une maniere très-ſimple & très-facile, en faiſant uſage de la machine indiquée (*Deſcr. & uſ. d'un Cab. de Phyſ. t.* 1, *plan. XII, fig.* 3 & 5).

Expérience qui démontre l'avantage de l'action perpendiculaire ſur l'action oblique.

Mettez en équilibre deux maſſes égales, aux extrémités d'un levier, dont les bras ſeront égaux. Elles ſeront en équilibre, tant qu'elles demeureront ſuſpendues librement & perpendiculairement aux extrémités de ce levier. Diſpoſez la machine de maniere que l'une de ces maſſes agiſſe obliquement, en faiſant paſſer le fil qui la porte, ſur la circonférence d'une poulie diſpoſée à cet effet ; l'équilibre ſera alors rompu en faveur du poids oppoſé, qui agira encore perpendiculairement ſur l'autre extrémité du même levier. Le même effet aura lieu, ſoit que l'obliquité de l'action ſoit dirigée d'un côté ou de l'autre, c'eſt-à-dire, ſoit que la poulie ſoit éloignée au-delà de l'extrémité du levier, ou qu'elle ſoit rapprochée au-deſſous du bras qui lui eſt correſpondant.

Digitized by Google

ARTICLE TROISIEME.

De la Balance.

(296) La balance n'eſt, à proprement parler, qu'un levier du premier genre. On la diſtingue en deux eſpeces, ſuivant que le point d'appui ſe trouve diſpoſé ſur la longueur de ce levier. On la nomme *balance ordinaire*, ou ſimplement *balance*, lorſque le point d'appui eſt également éloigné des deux extrêmités où l'on ſuſpend les baſſins. On la nomme *romaine*, lorſque le point d'appui eſt plus près d'une extrêmité que de l'autre. Deux eſpeces de balances.

(297) La balance ordinaire eſt d'un uſage trop fréquent, pour nous occuper à la décrire : nous en avons donné d'ailleurs une idée ſuffiſante dans notre Ouvrage intitulé, (*Deſc. & uſ. d'un Cab. de Phyſ. t. 1. pl. XIII. fig. 1*); nous obſerverons ſeulement ici que la bonté & la préciſion de cet inſtrument dépendent de deux conditions. 1°. Elle doit être très-mobile, c'eſt-à-dire, que le plus petit poids poſſible doit la faire trébucher, lorſque ſes baſſins ne ſont point Balance ordinaire. D'où dépend ſon exactitude.

Digitized by Google

chargés. 2°. Elle doit être conſtruite de maniere que la longueur de ſes bras demeure conſtamment la même, & lorſqu'elle eſt en repos & lorſqu'elle trébuche, c'eſt-à-dire, lorſque l'un de ſes bras s'éleve, & que l'autre s'abaiſſe.

La premiere de ces deux conditions dépend elle-même de trois autres. 1°. Du peu de frottement qu'on fait éprouver à l'axe. 2°. De la diſpoſition du centre du mouvement, par rapport au centre de gravité. 3° De la longueur de ſes bras. Nous nous arrêterons un moment à la conſidération de ces trois objets.

Maniere de diminuer le frottement.

(298) On ſait, & nous l'avons démontré précédemment, combien le frottement nuit à la mobilité d'un corps. Pour le diminuer, autant qu'il eſt poſſible dans une balance, on a ſoin de tailler ſon axe en forme de couteau, comme on peut le remarquer en A B (plan. 4 fig. 6), & c'eſt une précaution qu'il convient de prendre en général pour tous les inſtrumens qui ſe meuvent ſur un axe, à la maniere d'une balance, tels que les leviers de toute eſpece. L'axe, par ce moyen, ne porte ſur les yeux de la chaſſe, que par l'eſpece d'arête ou de côte qu'on remarque vers ſa partie inférieure; & con-

Plan. 4, fig. 6.

Digitized by Google

ſéquemment il ne frotte ſur ces yeux, que par la plus petite ſurface poſſible. Si cette diſpoſition ne diminue que peu le frottement de la machine, elle concourt à un autre degré de perfection dont nous aurons occaſion de parler dans un moment.

Il faut néanmoins obſerver que ſi l'axe de la balance doit être taillé en couteau, il ne doit point être trop aigu, & les yeux de la chaſſe doivent être aſſez durs pour réſiſter à la preſſion de l'axe, & s'oppoſer à leur excavation, qui ne pourroit avoir lieu ſans augmenter plus ou moins le frottement. C'eſt pour cette raiſon que le D. *Deſaguilliers* déſiroit que ces yeux fuſſent creuſés dans l'agathe, ou dans quelque pierre encore plus dure & bien polie.

(299) Si la balance devient plus mobile, lorſqu'on diminue le frottement de ſon axe; elle acquiert encore de la mobilité, par la maniere ſelon laquelle on diſpoſe le centre de ſon mouvement, par rapport à ſon centre de peſanteur, ou à ſon centre de gravité. Maniere de diſpoſer le centre du mouvement par rapport au centre de gravité.

Suppoſons pour un inſtant que ces deux centres ſoient confondus: ſi on ſuppoſe alors que les deux bras ſoient également chargés, le

fléau demeurera en équilibre, dans quelque position qu'on le mette.

Supposons, en effet, que le fléau A B (plan. 4, fig. 7), mobile autour de son centre de gravité C, soit en équilibre, étant également chargé par les deux poids P, R, lorsqu'il est dans sa situation horisontale A B. Si ce fléau vient à se mouvoir, & qu'il prenne la situation oblique *a b*, il demeurera encore en équilibre, parce que les poids P & R, demeurant les mêmes, ils seront encore à égale distance du point d'appui; ce dont on pourra se convaincre, en tirant les perpendiculaires *a c* & *b d*, & on aura alors C*c* égale C*d*. Les triangles en effet *a* C *c*, *b* C*d* sont semblables. On a donc la proportion C*a* est à C*c*, comme C*b* est à C*d*. Mais par la construction C*a* égale C A, & C*b* égale C B; donc, en substituant ces dernieres égalités, on aura C A est à C*c*, comme C B est à C*d*. Or, C A égale C B; donc C*c* égale pareillement C*d*; donc les poids *p* & *r* étant encore les mêmes, ils sont nécessairement en équilibre. Plan. 4, fig. 7.

D'où il suit, que la moindre différence entre les poids P & R, suffira pour faire

Digitized by Google

trébucher la balance, & conſéquemment, que toutes choſes égales d'ailleurs, elle ſera autant mobile qu'elle le puiſſe être.

Trop de mobilité nuit au ſervice de la balance.

Il eſt bon cependant d'obſerver, que ſi cette grande préciſion produit une extrême mobilité dans la balance, elle devient, en même temps, plus incommode dans le ſervice. Il n'eſt pas facile de charger exactement les deux baſſins d'une balance, & de faire qu'il n'y ait aucune différence ſenſible entre leurs poids. Elle trébuche donc alors tout-à-fait, & elle ne revient plus ſur elle-même, ce qui occaſionne une difficulté fort incommode dans la pratique.

Maniere de parer à cet inconvénient.

Pour obvier à cet inconvénient, ou mieux, pour faire que la balance ſoit un peu moins mobile, on place le centre du mouvement du fléau un peu au-deſſus de ſon centre de peſanteur, correction néanmoins qu'on doit regarder comme une véritable imperfection, mais indiſpenſable pour la commodité du ſervice. On conçoit, en effet, que ces deux centres étant ainſi diſpoſés, la balance ne peut trébucher, ſans que ſon centre de gravité ne s'éleve en ſens contraire. L'excès de poids qui tend à entraîner l'un des bras de la balance, & à faire monter le contre-poids,

Digitized by Google

eſt donc obligé d'élever en même temps le centre de gravité du fléau. Or, ſi cet excès de poids ne va qu'à une très-petite quantité, l'effort du centre de gravité, qui tend conſtamment à deſcendre, ſuffira pour ramener le fléau, & pour s'oppoſer à la chûte précipitée de la balance.

Pl. 4, fig. 8. Imaginez le fléau A B (plan. 4, fig. 8.) ſuſpendu en C, & dont le centre de gravité ſoit en *p*. Tant que ce fléau demeurera dans une ſituation horiſontale A B, ſon centre de gravité *p* ſera ſoutenu par la ſuſpenſion du fléau; & il ne fera aucun effort contre l'un ou l'autre des deux poids qui agiront ſur les extrémités A & B. Mais ſi, par une impulſion donnée, ce fléau vient à s'incliner, & qu'il prenne, par exemple, la ſituation *ob*, ſon centre de gravité ſe trouvera en *o*, plus élevé qu'en *p*. Il fera donc effort pour deſcendre; & ſi l'impulſion qui vient de faire trébucher la balance, n'excede pas l'effort de la peſanteur, le centre ramenera le fléau, par un mouvement accéléré, ſemblable à celui d'un pendule; & il reprendra ſa ſituation horiſontale, après avoir fait nombre d'oſcillations.

On remédie donc à la trop grande mo-

Digitized by Google

bilité d'une balance, en plaçant le centre de son mouvement au-dessus de son centre de pesanteur. Mais on conçoit par ce que nous venons de dire, qu'il ne faut user de ce moyen qu'avec la plus grande circonspection, & n'éloigner ces deux centres qu'autant qu'il est nécessaire, pour qu'un trop petit poids ne puisse faire trébucher entiérement la balance. On conçoit de-là le peu de cas qu'on doit faire de ces balances, dont on ne peut abaisser l'un des bras, sans qu'elles fassent de grandes, & de promptes & de nombreuses oscillations, avant de reprendre leur situation horisontale.

On augmente encore la mobilité d'une balance, en donnant plus de longueur à ses bras. Le mouvement des poids suspendus à leurs extrémités, est d'autant plus sensible, qu'étant plus éloignés du centre du mouvement, ils décrivent de plus grands arcs.

(300) Une seconde condition qu'on ne doit point négliger dans la construction de la balance, c'est de la construire de maniere que la longueur de ses bras demeure la même dans le service de l'instrument. Il faut, pour cela, que le fléau soit suffisamment trempé, pour qu'il ne puisse céder sous l'effort des poids dont il est chargé. Sans cette pré-

Maniere de conserver l'égalité des bras.

Digitized by Google

caution, l'un des bras de la balance, ou les deux venant à céder inégalement ſous le fardeau, l'un des poids ſe trouveroit plus éloigné que l'autre du point d'appui, & conſéquemment l'équilibre qu'on trouveroit, n'indiqueroit point l'égalité des maſſes.

L'obſervation que nous avons faite précédemment (298), concernant la forme qu'on doit donner à l'axe de la balance, trouve encore naturellement ici ſa place. On ne peut conſerver l'égalité des bras qu'en taillant l'axe, & en lui donnant la forme d'un couteau. Il eſt conſtant, en effet, que ſi cet axe étoit cylindrique, comme il arrive aſſez ordinairement dans les balances qui méritent peu d'attention, la longueur des bras varieroit de part & d'autre, ſuivant que la balance trébucheroit d'un côté ou d'un autre.

Un axe, en effet, cylindrique, tel que D, (pl. 4, fig. 9,) ayant ſon point d'appui en C, au milieu du fléau A B, ne peut rouler dans les yeux qui le portent, que le point d'appui ne change continuellement de ſituation. Le bras CB, par exemple, venant à s'élever, le point d'appui ſe tranſporte ſur différens points des yeux, ſuppoſons en *a*. Le bras A C ſera donc alors raccourci de la

Pl. 4, fig. 9.

Digitized by Google

valeur du rayon *a c* de l'axe, & le bras B C allongé de la même quantité. On ne peut donc éviter cet inconvénient, qu'en taillant cet axe, & en lui donnant la forme d'un couteau (fig. 6). Fig. 6.

On conçoit aiſément, d'après ce que nous venons de dire concernant la balance, que cette machine eſt un véritable levier du premier genre, dans lequel le point d'appui eſt également éloigné de la puiſſance & de la réſiſtance. D'où il ſuit qu'il n'y aura équilibre entre les poids dont on chargera les baſſins, qu'autant que ces poids ſeront parfaitement égaux ; & c'eſt de-là que cette machine eſt deſtinée à connoître le poids ou la quantité de matiere qui ſe trouve dans un corps donné.

(301) Sans rappeller ici le ſouvenir d'une diſpute aſſez mal fondée, & dont preſque toutes les pieces ſe trouvent conſignées dans pluſieurs Ouvrages périodiques, & particuliérement dans le Journal de Phyſique de M. l'Abbé *Rozier*, nous obſerverons qu'il eſt indifférent, non-ſeulement que les baſſins de la balance ſoient ſuſpendus à de grandes, ou à de petites diſtances au-deſſous du fléau, mais encore qu'il eſt également indifférent De la ſuſpenſion des baſſins.

Digitized by Google

que l'un des baſſins étant ſuſpendu très-près du fléau, l'autre le ſoit à une très-grande diſtance de ce fléau, pourvu toutefois qu'on ait égard à l'excès de charge que peut apporter l'excès de longueur des chaînes, ou des cordes qui ſuſpendroient le baſſin le plus éloigné du fléau. L'effort d'un corps mis dans le baſſin d'une balance, ne dépend que de ſa maſſe & de ſa diſtance à l'axe de la balance. Or, la maſſe reſtant la même, la diſtance demeure encore la même, à quelque degré d'éloignement qu'on porte le baſſin, puiſque la diſtance à l'axe ſe meſure conſtamment par une perpendiculaire menée de cet axe ſur la ligne de direction du baſſin; & l'expérience eſt parfaitement d'accord avec cette théorie.

Expérience qui prouve que la diſtance de la ſuſpenſion des baſſins au fléau, n'influe point ſur le poids des corps.

Mettez en équilibre deux maſſes égales dans les deux baſſins d'une balance très-ſenſible: ſuſpendez enſuite l'un des baſſins de cette balance à l'extrémité d'une très-longue corde, de façon que ce baſſin ſe trouve incomparablement plus éloigné du fléau que ſon congénere. Placez dans ce dernier les poids ſuffiſans pour équilibrer l'excès de corde que vous venez d'employer pour éloigner du fléau le ſecond baſſin, & vous ob-

Digitized by Google

ſerverez que, quelle que ſoit la différence entre les diſtances des baſſins au fléau, les deux mêmes poids ſe feront encore équilibre.

(302) S'il eſt indifférent que les baſſins ſoient ſuſpendus à de grandes, ou à de petites, ou même à des diſtances inégales du fléau, il eſt de la derniere importance qu'ils y ſoient ſuſpendus avec la plus grande liberté. Sans cette précaution, il pourroit arriver que des maſſes égales, placées dans les baſſins de la balance, & en équilibre entre elles, lorſque le fléau ſeroit dans une ſituation parallele à l'horiſon, ne conſervaſſent plus cet état d'équilibre, lorſque le fléau viendroit à trébucher, & la même maſſe pourroit paroître alternativement plus ou moins peſante.

Ils doivent être ſuſpendus avec la plus grande liberté.

Pour rendre cette vérité plus ſenſible, ſuppoſons que l'un des baſſins ſoit libre, & imaginons un poids fixé au-deſſous du bras oppoſé de la balance, pour repréſenter le baſſin qui ne ſeroit pas libre. Soit donc le fléau AB (plan. 5, fig. 1), à l'une des extrémités duquel ſoit ſuſpendu librement le baſſin P, & à l'autre extrémité duquel ſoit fixement attachée la maſſe M, au-deſſous du fléau, de façon que ſon centre de gravité réponde au point *a* du fléau, & que la diſtance *a*C à

Pl. 5, fig. 1.

Digitized by Google

l'axe, ſoit égale à la diſtance A C. Dans ce cas, tant que le fléau demeurera dans une ſituation parallele à l'horiſon, les maſſes étant égales de part & d'autre, elles ſe feront mutuellement équilibre, & c'eſt le cas de la balance ordinaire; mais que le fléau vienne à changer de ſituation, & qu'il s'incline de façon que A B devienne E G, le baſſin libre prendra la direction E *d*, & ſon poids agira contre le fléau, de même que s'il étoit ſitué en *e*, à la diſtance *e* C de l'axe; tandis que le poids fixe M, dont le centre de gravité eſt en *a*, dirigeant ſon action ſelon la perpendiculaire *a c*, agira contre le fléau, de même que s'il étoit placé en *c*, à la diſtance *c* C de l'axe; les poids dont les maſſes ſont toujours égales, agiront donc l'une contre l'autre à raiſon de leurs diſtances à l'axe. Or, la diſtance *c* C étant manifeſtement plus grande que la diſtance *e* C, la maſſe M deviendra prépondérante.

Mais ſi le fléau A B, changeant de direction, s'inclinoit ſelon H I, la même maſſe M, qui étoit en équilibre en B, prépondérante en G, paroîtroit plus foible en I. Son centre de gravité *a*, agiſſant contre le fléau de la balance, ſelon la perpendiculaire *a f*,

à

Digitized by Google

à la distance f C de l'axe, agiroit à une distance moins éloignée que le bassin P, dont la direction étant Hg, agit de la même maniere que s'il étoit suspendu au point g, à la distance gC de l'axe; plus grande que fC. D'où il suit qu'un même poids fixe sous le fléau de la balance, & mis en équilibre avec un contre-poids placé dans le bassin opposé de la balance, lorsqu'elle est dans une situation parallele à l'horison, paroît plus pesant, ou plus léger que ce même contre-poids, suivant la position qu'on fait prendre au fléau de cette balance.

Cette différence deviendroit encore plus sensible, si les deux poids, situés aux extrémités de la balance, étoient tous les deux fixes; & ce qui paroîtra plus particulier encore, c'est que ce phénomene sera tout-à-fait opposé au précédent, si les poids sont fixés au-dessus & non au-dessous du fléau. Dans ce cas, le poids fixe deviendra plus léger, au lieu d'être prépondérant, lorsqu'il sera élevé au-dessus de la position horisontale.

Supposons, en effet, deux masses P & R, appliquées l'une & l'autre au-dessus des extrémités du fléau AB (plan. 5, fig. 2), dont le point d'appui est en C, de façon que le

pl. 5, fig. 2

centre de gravité *a* de chacune de ces maſſes, ſoit également éloigné de ce point d'appui. Les maſſes étant ſuppoſées égales, comme dans le cas précédent, elles demeureront également en équilibre, tant que le fléau conſervera une poſition horiſontale. Mais ſi on vient à rompre l'équilibre, de quelque maniere que le fléau s'incline, la maſſe qui ſe trouvera au-deſſous de la poſition horiſontale, deviendra prépondérante.

Suppoſons que le fléau A B prenne la poſition F G, la maſſe R, ayant ſon centre de gravité en *a*, ſa ligne de direction ſera *a c*, & conſéquemment elle agira ſur le fléau, de même que ſi elle étoit placée en *c*, à la diſtance *c* C de l'axe. Le poids P, ayant ſon centre de gravité également en *a*, ſa ligne de direction ſera *a b*. Il agira donc contre le fléau, de la même maniere que s'il étoit placé en *b*, à la diſtance *b* C, beaucoup plus grande que *c* C. Le poids P ſera donc prépondérant. Par la même raiſon, ſi le fléau A B prend la ſituation E D, le poids P ſe trouvera en deſſus, & le poids R deviendra à ſon tour prépondérant.

L'expérience confirme, on ne peut mieux, cette théorie. On peut, à ce ſujet, conſulter

Digitized by Google

celle que nous avons exposée (*Desc. & us. d'un Cab. de Phys. t. 1, plan. XIII. fig. 3*); on y trouvera un appareil propre à satisfaire, à cet égard, la curiosité du Physicien.

(303) Ce que nous venons d'observer par rapport à des poids fixement attachés au fléau d'une balance, nous fournit une application qui paroît mériter de trouver ici sa place. Application de cette théorie.

Veut-on soulever un fardeau d'un certain poids avec un levier qu'on appuie sur son genou, comme il arrive à un Moissonneur, par exemple, qui souleve une gerbe de bled avec une fourche? On y parviendra beaucoup plus aisément, & on aura bien moins d'effort à faire, si on enfourche la gerbe de façon qu'elle soit prise en-dessous, & que le poids de cette gerbe soit placé au-dessus de la fourche. Le fardeau deviendra de plus en plus léger, à proportion qu'on l'élevera. C'est par la raison contraire, que l'homme se fatigue davantage, & que le fardeau augmente, à proportion qu'il l'éleve, lorsqu'il saisit la gerbe en-dessus, de maniere que son poids se trouve au-dessous de la fourche qui la soutient.

Nous bornerons à ces observations ce que nous nous sommes proposé de dire sur la conf-

Digitized by Google

truction de la balance ordinaire, machine très-difficile à conduire au degré de perfection qu'on lui ſuppoſe toujours, & qu'elle devroit avoir en quantité de circonſtances.

De la romaine.

(304) La *romaine*, appellée vulgairement *peſon*, eſt une autre eſpece de balance dont l'uſage eſt aſſez familier, ſur-tout lorſqu'il s'agit de peſer de gros fardeaux. Nous n'en donnerons qu'une légere idée, ſuffiſante néanmoins pour qu'on puiſſe en comprendre facilement la conſtruction & l'uſage.

Les bras de cette balance ſont inégaux; l'axe & la chaſſe qui le ſoutient, ſont placés à une très-petite diſtance de l'extrêmité du bras auquel on ſuſpend le fardeau dont on veut connoître le poids. L'autre bras, qui eſt beaucoup plus long, eſt diviſé en pluſieurs parties égales. Ces diviſions ſervent à déterminer l'effort reſpectif d'un petit poids qu'on fait mouvoir ſur la longueur de ce bras (plan. 5, fig. 3).

Pl. 5, fig. 3.

On conçoit aiſément, par cet expoſé, que la romaine n'eſt autre choſe qu'un levier du premier genre, dans lequel le point d'appui eſt plus proche de l'une des extrêmités que de l'autre. On aura donc ici, pour le cas d'équilibre, la même analogie que nous avons dé-

Digitized by Google

montrée par rapport au levier (285), c'eſt-à-dire, que la puiſſance & la réſiſtance doivent être entre elles, quant à leurs maſſes, en raiſon réciproque de leurs diſtances au point d'appui.

D'où il ſuit qu'un très-petit poids peut faire équilibre à une très-groſſe maſſe, en éloignant à proportion le petit poids du point d'appui. *Uſage de cette machine.*

La romaine a encore cet avantage ſur la balance ordinaire, qu'elle peut faire des peſées plus exactes, lorſqu'il s'agit de gros fardeaux. Son axe étant beaucoup moins chargé que celui d'une balance ordinaire, il conſerve plus de mobilité, & elle trébuche plus aiſément. Nous obſerverons, en effet, que l'axe de la balance ordinaire eſt néceſſairement chargé de la ſomme des poids mis dans les deux baſſins; & comme les frottemens, dans les machines, augmentent à raiſon des charges, on conçoit que ſi on emploie une balance ordinaire, lorſqu'il s'agit de peſer de lourds fardeaux, ſon axe étant chargé, & du poids du fardeau & de ſon contre-poids, elle en deviendra proportionnellement moins mobile. Il n'en eſt pas ainſi d'une romaine; ſon axe ne porte que la ſomme des poids abſolus, & non celle des poids relatifs. *Avantage de la romaine ſur la balance ordinaire.*

Digitized by Google

Pour bien développer cette théorie, qui peut devenir très-importante en quantité de circonſtances, il faut obſerver qu'un poids appliqué ſur la longueur d'un levier, agit de deux manieres dans cette machine, & à raiſon de ſa maſſe, & à raiſon de ſa diſtance au point d'appui. Sa maſſe étant cenſée invariable, ſon action, priſe en elle-même, ſera conſtamment la même; mais ſa diſtance étant variable, l'action de cette maſſe ou ſon effort variera à proportion; de ſorte que l'action d'une même maſſe pourra devenir centuple, par exemple, en la tranſportant à une diſtance cent fois plus éloignée du point d'appui (285). On doit donc reconnoître deux eſpeces de forces dans un poids appliqué ſur la longueur d'un levier: ſa *force abſolue*, qui dépend de ſa maſſe, & ſa *force relative*, qui vient de ſa diſtance au point d'appui.

On diſtingue deux forces dans un corps qui agit ſur les bras d'une romaine.

Or, dans la romaine, un très-petit poids ne fait équilibre à un très-gros fardeau, qu'à raiſon de ſa force relative; & cette force, qui ſert à contrebalancer le fardeau, ne ſe fait point ſentir à l'axe de la romaine. Il ne porte préciſément que la maſſe de ce petit poids, & il n'eſt chargé que de ſa force abſolue; de ſorte que ſi on ſuſpend à l'extrémité la

Digitized by Google

plus courte de la romaine, un fardeau de cent livres, & qu'on tienne ce fardeau en équilibre avec un poids d'une livre placé à une distance cent fois plus éloignée de l'axe de la romaine, sur le bras opposé; ce poids d'une livre fera un effort de cent livres contre le fardeau; & l'axe, au lieu d'être chargé, comme il le seroit dans une balance ordinaire, de deux cents livres, ne supportera, dans la romaine, qu'un effort de cent & une livres. L'expérience justifie encore cette vérité de la maniere la plus satisfaisante, dans l'appareil que nous avons indiqué (*Desc. & us. d'un Cab. de Phys. t. 1, plan. XII, fig.* 8.

Balance Chinoise.

Les Chinois ont su profiter, avec toute l'adresse imaginable, de cette espece de balance; & il paroît même que c'est d'eux que nous avons appris la maniere d'étendre le service d'une romaine, & de la rendre propre à peser, avec plus d'exactitude, des fardeaux dont les masses seroient prodigieusement différentes, en faisant usage de plusieurs échelles tracées sur le même bras de la romaine, & en variant la position du point d'appui dans cet instrument. La leur, celle dont ils font un plus fréquent usage pour peser leurs monnoies, est faite du tige d'yvoire, armée vers

Digitized by Google

l'une des extrêmités, d'une virole de cuivre, à laquelle on ſuſpend un petit baſſin de métal, pour recevoir les pieces dont on veut connoître le poids. Cette virole eſt traverſée par trois petits cordons, à des diſtances différentes les unes des autres, du point auquel le baſſin ſe trouve ſuſpendu. Chacun de ces cordons fait ſucceſſivement l'office d'axe, ou de point d'appui, auquel répond, ſur la longueur de la tige, une échelle particuliere, ce qui multiplie d'autant le ſervice de cet inſtrument.

Nous terminerons ce qui concerne la balance, par la ſolution de quelques problêmes qui nous paroiſſent aſſez importans pour mériter l'attention du Phyſicien, & dont la ſolution ne ſuppoſe que la connoiſſance des principes que nous avons ſuffiſamment établis dans cet article.

Problême premier. Balance de Roberval.

(305) *Conſtruire une balance, de maniere que des maſſes égales, ſuſpendues à des diſtances qui paroiſſent inégales, par rapport au point d'appui, ſoient en équilibre entre elles.*

Ce problême, qui fit beaucoup de bruit dans ſon origine, fut propoſé par le célebre *Roberval*, Profeſſeur de Mathématiques au

Digitized by Google

College Royal, & il le réſolut d'une maniere très-induſtrieuſe, à l'aide d'une eſpece de balance qu'il imagina, & à laquelle on a conſervé le nom de *balance de Roberval.*

Soit une tige de métal AB (plan. 5. fig. 4), faiſant l'office de fléau, & mobile autour du point C, de façon que les bras de ce fléau CA & CB ſoient égaux. Aux extrêmités A & B ſoient attachées deux autres tiges AD, BE, mobiles en A & en B, & paralleles entre elles. Que le parallélisme de ces dernieres ſoit contenu par une quatrieme tige DE, parallele à AB, & également mobile ſur un axe *r*. Sur la longueur des tiges AD & BE, ſoient fixés, à angles droits, deux petits leviers immobiles F & G, & la balance ſera conſtruite: elle aura la forme d'un parallélograme. Pl. 5, fig. 4.

Cela poſé, ſi on ſuſpend deux maſſes égales P & R aux extrêmités des leviers F & G, la premiere en dedans, la ſeconde en dehors du parallélograme, ces deux maſſes ſeront en équilibre, & paroîtront à des diſtances bien différentes du point d'appui C du fléau, ſi on les meſure par les perpendiculaires C*a* & C*b*, menées ſur les lignes de direction de ces poids, conſidérés dans l'état d'équi-

Digitized by Google

libre. Mais quoique ce ſoit un principe univerſellement reçu, par rapport au levier & à la balance, de meſurer la diſtance des poids qui agiſſent ſur la longueur de leurs bras, par des perpendiculaires de cette eſpece, la conſtruction de la balance de *Roberval* change totalement la direction des poids P & R, & les perpendiculaires C*a* & C*b* n'atteignent nullement la véritable direction de ces poids.

On conçoit, en effet, que le levier G étant fixement attaché à la tige BE, l'effort du poids R, ſuſpendu à l'une de ſes extrêmités, ſe dirige entiérement ſur la tige BE, qu'il tend à faire deſcendre. Il en eſt de même de la maſſe P, ſuſpendue à l'une des extrêmités du levier F, également fixé à la tige AD; tout l'effort de ce poids tend à faire deſcendre cette tige; & comme elles ſont l'une & l'autre attachées aux extrêmités A & B du fléau, l'effort des deux poids ſe porte donc en A & en B. Leurs lignes de direction ſont donc FA & GB. Or, les bras du fléau, ou les perpendiculaires CA & CB, menées ſur ces lignes, ſont égales. D'où il ſuit, que les poids P & R agiſſent contre le fléau AB, à des diſtances véritablement égales du point d'appui C, & que la balance de *Ro-*

Digitized by Google

berval eſt une balance illuſoire, qui ne contredit en rien la loi générale d'équilibre que nous avons démontrée (285). Quoiqu'on conçoive facilement la conſtruction de cette machine, par l'expoſé que nous venons de faire, on pourra conſulter la machine elle-même, que nous avons décrite (*Deſc. & uſ. d'un Cab. de Phyſ. t. 1, plan. XIII, fig. 5*).

(306) *Conſtruire une balance trompeuſe, dont le fléau ſoit en équilibre, 1°. ſans les baſſins; 2°. avec les baſſins; 3°. avec les baſſins chargés de poids inégaux.* Problême ſecond. Balance trompeuſe.

Conſtruiſez le fléau AB (plan. 5, fig. 5) de façon que ſes bras ſoient inégaux, ſelon une proportion connue, ſuppoſons de 12 à 11. Si ce dernier bras CB eſt proportionnellement plus gros que le bras CA, cet excès de poids compenſera ce qui manquera à ſa longueur, & conſéquemment le fléau ſera en équilibre avec lui-même & ſans les baſſins. Pl. 5, fig. 5.

2°. Conſtruiſez les baſſins E & F, de maniere que le baſſin F, y compris la chaîne & le crochet, qui doivent être ſuſpendus au point A, ſoient d'un douzieme moins peſant que le baſſin E, en y comprenant également ſa chaîne & ſon crochet. Ce dernier, ſuſ-

Digitized by Google

pendu à l'extrêmité B du plus court des deux bras de la balance, ſera en équilibre avec le baſſin F, puiſque leurs maſſes ſeront en raiſon réciproque de leurs diſtances au point d'appui (285).

3°. Placez dans le baſſin E un poids *a* qui peſe un douzieme en ſus de ce que peſe le poids *b*, que vous mettrez dans le baſſin F, & vous aurez encore équilibre, puiſque l'inégalité des poids compenſera exactement l'inégalité des bras de la balance, & qu'il y aura raiſon réciproque entre les maſſes & les diſtances au point d'appui.

On conçoit aiſément que ſi la mauvaiſe foi introduit quelquefois des balances de cette eſpece dans le commerce, elles ne peuvent être deſtinées qu'à peſer des marchandiſes dont le plus petit poids eſt d'un prix qui mérite quelqu'attention. On ne peut, en effet, mettre une diſproportion ſenſible dans les bras de la balance, & conſéquemment la fauſſeté du poids ne peut aller qu'à une très-petite portion du poids réel. Dans la ſuppoſition que nous venons de faire, cette erreur ne peut aller qu'à un douzieme.

Moyen de ſe garantir de la ſupercherie.

(307) Pour ſe garantir de la ſupercherie d'une balance de cette eſpece, il ne s'agit

que de faire peſer alternativement la marchandiſe dans les deux baſſins de la balance. Dans le cas où la premiere peſée ſe fût trouvée fauſſe, le Marchand devient la dupe de ſa mauvaiſe foi. Par la ſeconde peſée, il donne en ſus du véritable poids plus que la quantité dont il vouloit frauder. d'une balance trompeuſe.

En calculant, en effet, d'après la balance trompeuſe que nous venons de décrire, il eſt conſtant que onze livres, par exemple, de marchandiſe, placées dans le baſſin F, font équilibre avec un poids de douze livres, miſes dans le baſſin E, puiſque ces poids onze & douze ſont en raiſon réciproque de leurs diſtances au point d'appui C. On n'auroit donc, d'après cette premiere peſée, que onze livres pour douze.

Mais en changeant le poids & la marchandiſe de baſſins, il faudra treize livres & un onzieme de livre, pour faire équilibre avec le même poids.

Par la premiere ſuppoſition, le poids qu'on retire du baſſin E, pour le tranſporter en F, eſt un poids de douze livres. On a donc alors une maſſe de douze livres, ſituée à une diſtance comme douze du point d'appui, & conſéquemment dont l'effort eſt égal à 144,

Digitized by Google

produit de douze, multiplié par douze. Il faut donc que la marchandiſe placée dans le baſſin E, puiſſe produire un effort de 144. Or, elle eſt alors ſuſpendue à une diſtance comme onze du point d'appui C. Reſte donc à déterminer quelle maſſe on doit placer à pareille diſtance, pour produire un effet de 144. Il ne s'agit, pour cela, que de diviſer 144 par onze, & le quotient treize, & un onzieme ſatisfera à la queſtion. D'où il ſuit que cette ſeconde peſée ſe fera au détriment de celui qui avoit deſſein de frauder.

La proportion ſuivante fournit une regle générale pour déterminer l'avantage qu'on retire, en faiſant changer de baſſins, dans une ſeconde peſée, la marchandiſe & le contrepoids.

La longueur du plus court des deux bras de la balance, eſt à la longueur du plus grand, comme le contrepoids dont on s'eſt ſervi dans la premiere peſée, eſt à un quatrieme terme.

Dans l'exemple précédent, on auroit $11 : 12 :: 12 : X = \frac{144}{11} = 13\frac{1}{11}$, comme nous venons de le prouver.

Nous donnerons dans les notes une méthode générale pour trouver le véritable

Digitized by Google

poids d'un corps, dans le cas où l'on feroit uſage d'une balance trompeuſe, même dans la ſuppoſition où l'on ne connoîtroit point la différence entre les longueurs des deux bras de la balance (note 3). Note 3.

ARTICLE QUATRIEME.

De la Poulie.

(308) La *poulie* eſt encore une machine ſimple, qu'on peut rapporter au levier. C'eſt un plan circulaire qu'on doit conſidérer comme un aſſemblage de pluſieurs leviers du premier genre, dont le point d'appui commun eſt l'axe ſur lequel ce plan fait ſa révolution. Définition.

Conſidérée de cette maniere, cette machine ne doit point, à proprement parler, ſe ranger parmi les puiſſances méchaniques. Elle ne diminue en rien l'effort de la puiſſance contre la réſiſtance, puiſqu'elles agiſſent conſtamment l'une & l'autre à la même diſtance du point d'appui.

Soit, en effet, la poulie ADB (plan. 5, fig. 6), embraſſée par une corde, aux extré- Pl. 5, fig. 6.

Digitized by Google

mités de laquelle sont suspendus les poids P & R, qu'on fait agir l'un contre l'autre. Cette poulie, étant un plan circulaire, tous les points de sa circonférence sont tous également éloignés du centre C, ou de l'axe. Toutes les parties de la corde qui s'appliquent sur cette circonférence, sont toutes pareillement à la même distance de l'axe. Ne considérons ici que les points A & B, sur lesquels la corde agit en sens contraire, par l'effort des poids P & R. Ces deux poids exercent donc l'un contre l'autre leur action à des distances AC & BC, qui sont égales entre elles. Les deux masses P & R, qui luttent l'une contre l'autre, doivent donc être égales pour se faire équilibre. D'où il suit manifestement que la puissance P ne tire aucun avantage méchanique de cette maniere d'agir contre la résistance R, & qu'on ne doit point, à la rigueur, regarder la poulie simple, ou fixe, comme une puissance méchanique.

Avantage de la poulie fixe.

(309) Le seul avantage qu'on puisse trouver dans l'application de cette machine, c'est de changer la direction de la puissance, & de la faire agir d'une maniere plus commode & plus étendue.

1°.

Digitized by Google

1°. D'une maniere plus commode, ſi on fait uſage d'une puiſſance animée: un homme, en effet, qui voudroit lever un fardeau poſé par terre, agiroit plus avantageuſement, & ſeroit en état de produire un plus grand effort, en employant le ſecours d'une poulie de cette eſpece, qu'en enlevant immédiatement le fardeau de haut en bas. En agiſſant de cette derniere maniere, il agiroit ſelon une direction contraire à la gravité, qui maîtriſe tous les corps; & en ſuppoſant que le fardeau fût poſé entre ſes jambes, il auroit à ſoulever avec lui la moitié du poids de ſon corps, qui ſe joindroit à celui du fardeau. Pour les puiſſances animées.

D'après un calcul très-facile à faire, un homme de force ordinaire peut ſoulever un poids de 170 livres, par l'effort ſeul de ſes muſcles lombaires (1); mais dans la poſition où nous venons de le ſuppoſer, il auroit la moitié du poids de ſon corps à ſupporter, & ce poids équivaut à un poids de 70 livres. La force qu'il peut employer à ſoulever le fardeau, placé entre ſes jambes, ſe trouve donc réduite à 100 livres, au lieu de 170. Si cet

(1) De la Hire, Mém. de l'Acad. Roy. des Sciences, ann. 1699.

Digitized by Google

homme agiſſoit, au contraire, de haut en bas, comme il arrive, lorſqu'il fait uſage d'une poulie fixe, il pourroit agir avec une force égale à celle de tout le poids de ſon corps, & conſéquemment un homme de taille ordinaire, agiroit avec une force de 140 livres. Il gagneroit donc 40 livres de force, en agiſſant de cette derniere maniere, & cet avantage ſeroit dû à la poulie qui change la direction de la puiſſance.

Pour les puiſſances inanimées.

2°. Non-ſeulement les puiſſances animées trouvent un avantage réel dans l'uſage de la poulie fixe; mais on peut encore profiter favorablement de leur ſervice, pour faire agir des puiſſances inanimées, dont le ſecours deviendroit inutile en pareilles circonſtances.

La poulie fixe change, comme nous venons de l'obſerver, la direction de la puiſſance. Elle la détermine à agir de haut en bas, conformément à l'action de la peſanteur. On peut donc, à l'aide d'un contrepoids ſuffiſant, faire monter un fardeau de bas en haut. La chûte naturelle du contrepoids oblige le fardeau à s'élever à proportion; & c'eſt dans ce ſens que la poulie fixe peut devenir avantageuſe & d'un ſervice plus étendu.

Digitized by Google

(310) Dès que la poulie fixe n'eſt autre choſe, comme nous l'avons obſervé précédemment, qu'un aſſemblage de leviers du premier genre, qui ont tous un point d'appui commun, on doit trouver dans la poulie la même analogie que dans le levier, lorſqu'il s'agit de déterminer l'équilibre entre la puiſſance & la réſiſtance. Les poids doivent donc être en équilibre entre eux, lorſque leurs maſſes ſont en raiſon réciproque de leurs diſtances au point d'appui (285); & c'eſt une vérité qu'on démontre facilement par expérience, lorſqu'on fait uſage de l'appareil que nous avons indiqué (*Deſc. & uſ. d'un Cab. de Phyſ. t. 2, pl. XIII, fig. 6*). On voit que ſi deux poulies de différens diamètres ſont enfilées ſur le même arbre, il ne peut y avoir d'équilibre entre les poids qu'on fait agir les uns contre les autres ſur ces poulies, qu'autant que leurs maſſes ſont en raiſon réciproque des diametres de ces poulies.

Même analogie pour le cas d'équilibre dans la poulie & dans le levier.

(311) Dès que la poulie fixe fait l'office d'un levier du premier genre, & que chacun des points de ſa circonférence doit être regardé comme l'extrémité d'un levier, dont chaque bras eſt égal en longueur au rayon de

La diſpoſition de la corde ſur la poulie fixe, ne change rien à l'analogie précédente.

Digitized by Google

la poulie, il doit être indifférent que la corde qui embraſſe la circonférence de la poulie, embraſſe une portion plus ou moins grande de cette circonférence. Il faut néanmoins qu'elle ſoit toujours diſpoſée de maniere que la puiſſance & la réſiſtance agiſſent parallelement entre elles, ou perpendiculairement aux extrémités des leviers auxquels elles ſont appliquées.

Chaque fois, en effet, que la corde, diſpoſée ſelon l'uſage ordinaire, embraſſe la demi-circonférence de la poulie, la puiſſance P & la réſiſtance R (plan. 5, fig. 7), agiſſent aux extrémités d'un même levier droit *b d*, dont les bras *a b* & *a d* ſont égaux, & conſéquemment les maſſes doivent être égales pour ſe faire équilibre. Mais ſi, par une diſpoſition particuliere de la machine, la corde n'embraſſe que le quart de cette même poulie, comme on le remarque en *b* C *p*, la puiſſance *p* doit encore être égale à la maſſe P pour lui faire équilibre, puiſqu'elles agiſſent l'une contre l'autre par un levier angulaire C *a b*, dont les bras *a* C & *a b* ſont encore égaux. Il en ſeroit enfin de même, ſi la corde embraſſoit les trois quarts de la circonférence de la poulie,

Pl. 5, fig. 7.

Digitized by Google

comme on l'observe en *d C b e V*; la puissance V, agissant contre la résistance R, par un levier angulaire *e a d*, dont les bras *a e*, *a d* sont égaux, devroit encore faire un effort égal à la masse R, pour la tenir en équilibre. C'est ce qu'on démontre facilement à l'aide de l'appareil que nous avons indiqué (*Desc. & us. d'un Cab. de Phys. t. 1, plan. XIII, fig. 7*).

Observations sur la maniere de monter les poulies.

(312) Quoique nous n'ayons point eu égard, jusqu'à présent, aux obstacles au mouvement, qu'on ne peut éviter dans la pratique, & que nous ayons considéré la poulie fixe dans un état de précision mathématique, pour la plus grande commodité de la théorie que nous avions à exposer, méthode que nous suivrons encore dans l'exposition des machines suivantes, nous croyons néanmoins devoir nous arrêter un instant sur la construction de cette machine, dont le service est trop fréquent, pour ne pas mériter une attention particuliere de la part du Physicien.

On est communément dans l'usage de cheviller les poulies fixes, c'est-à-dire, de les faire rouler sur une cheville de métal, qu'on fait passer à travers le centre de ces sortes de machines. Cette construction est on ne

peut plus vicieuſe. Elle augmente prodigieuſement les obſtacles qui s'oppoſent naturellement à la mobilité de la poulie, ſurtout dans les circonſtances où l'on ſe propoſe d'agir contre des réſiſtances conſidérables, comme, par exemple, lorſqu'on ſe propoſe de monter de l'eau d'un puits fort profond, & qu'on emploie, à cet effet, un ſeau d'une grande capacité.

On conçoit, en effet, qu'une poulie étant communément faite d'un morceau de métal coulé en fonte, la circonférence du trou qu'on creuſe dans ſon épaiſſeur, ne peut être parfaitement homogene. Certaines parties s'uſent donc plus promptement les unes que les autres, par leur frottement ſur l'axe, & conſéquemment le trou devient irrégulier, inégal & raboteux, ſi on peut s'exprimer ainſi; ce qui augmente plus ou moins ſenſiblement le frottement que la puiſſance doit vaincre dans le ſervice de cette machine. Cet inconvénient, qui augmente à proportion que la poulie s'uſe davantage, fait que les bras des leviers, ou les rayons de la poulie, deviennent inégaux, & qu'alternativement la puiſſance & la réſiſtance agiſſent à des diſtances plus ou moins éloignées du point

d'appui commun ; ce qui va directement contre la théorie que nous venons d'expoſer, & rend le ſervice de la poulie fixe bien différent de celui qu'on en devroit attendre.

On remédieroit aiſément à cet inconvénient, ſi, au lieu de cheviller la poulie, on fixoit dans ſon épaiſſeur l'arbre ſur lequel elle doit tourner, & ſi les extrémités de cet arbre, étant bien arrondies, elles étoient elles-mêmes mobiles dans les yeux, ou dans les trous de la chaſſe.

Ces trous, à la vérité, ne ſont pas plus homogenes que celui dont nous venons de parler : mais comme tout le poids, ou toute la charge de la poulie ſe feroit ſentir de haut en bas, ſur les yeux de la chaſſe, ces yeux ſe creuſeroient & s'agrandiroient dans ce ſens. La poulie deſcendroit donc ſeulement dans ſa chaſſe, & rouleroit conſtamment plus uniformément dans les yeux qui la porteroient, ſans qu'on eût à craindre que ſes rayons devinſſent inégaux.

Si on vouloit encore diminuer le frottement de l'arbre de la poulie dans ſa chaſſe, au lieu de faire rouler cet arbre ſur les yeux creuſés dans cette chaſſe, on pourroit le faire porter ſur l'interſection de quatre rouleaux,

Digitized by Google

qui ſeroient eux-mêmes mobiles ſur leur axe, & qui ſeroient convenablement diſpoſés dans la chaſſe de la poulie. C'eſt même de cette derniere maniere qu'il convient de monter une poulie fixe, lorſqu'on la deſtine à ſupporter de groſſes charges. On change, par ce moyen, le frottement de l'arbre, naturellement du premier genre, en frottement du ſecond genre, & on diminue conſidérablement alors la réſiſtance que le frottement de l'arbre doit faire éprouver.

Des poulies mobiles combinées avec des poulies fixes.

(313) Si la poulie fixe n'apporte aucun avantage à la puiſſance, relativement à la force qu'on eſt obligé d'employer contre la réſiſtance, & qu'en conſéquence on ne puiſſe là regarder comme une véritable puiſſance méchanique, il n'en ſera pas ainſi, on en fera une véritable machine, & on favoriſera d'autant l'action de la puiſſance, ſi on combine enſemble pluſieurs poulies, de façon que les unes étant fixes, les autres ſoient mobiles avec le fardeau qu'on ſe propoſe de ſoulever.

Ces machines, à la vérité, forment des machines compoſées; mais nous en parlerons, malgré cela, en cette occaſion, afin de ranger ſous le même point de vue tout l'avantage qu'on peut attendre des poulies.

Digitized by Google

Tout assemblage de poulies, dont les unes sont fixes, & les autres mobiles, est connu sous le nom de *mouffle*, ou sous celui de *poulies mouffles*, que l'on distingue par le nombre des poulies qui entrent dans la composition de la machine.

On appelle *mouffle à deux yeux*, l'assemblage dans lequel il se trouve deux poulies mobiles dans une chasse. On nomme *mouffle à trois yeux*, celui dans lequel il s'en trouve trois; à *quatre yeux*, s'il y en a quatre, &c. Nous considérerons d'abord la plus simple de ces combinaisons, afin de développer plus commodément l'avantage qu'on doit attendre des poulies mobiles. Nous ne considérerons donc d'abord qu'un système de poulies, dans lequel il n'entrera qu'une seule poulie fixe, & une seule poulie mobile.

Avantage d'une poulie mobile, jointe à une poulie fixe. Pl. 6, fig. 1.

(314) Supposons donc deux poulies A & B (plan. 6, fig. 1); dont la premiere étant fixe, la seconde B soit mobile avec le fardeau R, attaché au crochet qui termine la chasse de cette derniere, & qui répond à l'axe de la poulie. Dans cette supposition, on doit considérer la poulie mobile B, comme un levier du second genre, dans lequel la puissance est une fois plus éloignée que la résis-

Digitized by Google

tance d'un même point d'appui commun.

La puiſſance, en effet, appliquée en *p*, extrémité du cordon qui paſſe ſur la circonférence de la poulie fixe A, ne produit pas plus d'effet, & n'a pas plus d'avantage, quant à la force qu'elle doit exercer, contre la réſiſtance R, en agiſſant ſuivant la direction *d p*, que ſi elle étoit appliquée au point *e*, & qu'elle agît de bas en haut contre cette même réſiſtance, ſelon la direction *b e*, puiſque le levier *e o* eſt égal au levier *o d*, & que tout l'avantage qu'on peut attendre d'une poulie fixe, conſiſte à changer la direction de la puiſſance, & à la faire agir ſelon une direction favorable à la peſanteur. On peut donc ſuppoſer que cette puiſſance *p* ſoit appliquée, & qu'elle agiſſe contre la réſiſtance R, ſelon la direction *b e*. Tout l'effort de la puiſſance s'exerce donc ici ſur le point *b*, extrémité du diametre *a b*. La réſiſtance R, étant unie à la chaſſe de la poulie, qui fait elle-même portion de la réſiſtance que la puiſſance doit équilibrer, peut également être ſuppoſée réunie à l'axe *c* de la poulie B, dont le point d'appui eſt en *f*, où l'origine de la corde eſt attachée. Or, en faiſant abſtraction de l'obliquité de la corde, on

Digitized by Google

peut encore ſuppoſer que le point d'appui eſt en *a*, extrémité du diametre *a b*: cela poſé, on aura donc le point d'appui, la réſiſtance & la puiſſance rangés dans une même ligne droite, le point d'appui en *a*, la réſiſtance en *c*, & la puiſſance en *b*. Or, comme le diametre *a b* eſt double du rayon *a c*, ce diametre repréſente donc un levier du ſecond genre, dans lequel la puiſſance eſt une fois plus éloignée que la réſiſtance d'un même point d'appui commun. D'où il ſuit qu'en ſuivant l'analogie que nous avons démontrée, par rapport au levier (286), une puiſſance ſous-double eſt en état de contrebalancer une réſiſtance double, à l'aide de cette machine; & c'eſt ce que l'expérience juſtifie dans l'appareil que nous avons décrit (*Deſc. & uſ. d'un Cab. de Phyſ. t. 1, pl. XIV, fig. 2*).

Autre maniere de conſidérer cet avantage.

(315) Pluſieurs Méchaniciens apportent une raiſon différente, mais également naturelle, du même effet, ſans faire attention à l'eſpece de levier que forment ces ſortes de poulies.

La poulie *B*, diſent-ils, & le fardeau dont ſon axe eſt chargé, ſont ſoutenus par deux puiſſances, l'une le point fixe *f*, & l'autre,

Digitized by Google

la puiſſance *p*. Or, comme ces deux puiſſances exercent leur action aux extrémités *a* & *b* du même diametre de la poulie, & qu'ils ſont l'un & l'autre également éloignés du point d'appui *c*, ces puiſſances portent conjointement la même portion du fardeau, & elles en ſoutiennent conſéquemment chacune la moitié. La puiſſance *p*, ſous-double, doit donc, à l'aide de cette machine, être en équilibre avec une réſiſtance double.

Cette façon de développer & de démontrer l'avantage qu'une puiſſance trouve dans le ſervice d'une poulie mobile, a donné lieu d'eſtimer le rapport de la puiſſance à la réſiſtance, comme celui de l'unité, comparé au nombre des cordes qui embraſſent les poulies mobiles; & cette maniere de conſidérer les poulies mobiles, lorſqu'elles ſe meuvent dans une même châſſe, eſt on ne peut plus exacte & plus conforme à la théorie & à la pratique.

Multiplication des poulies fixes & mobiles, & avantage qu'on en retire.

(316) Il ſuit de-là, que ſi on multiplie le nombre des poulies mobiles, & celui des poulies fixes, comme on le pratique aſſez communément, on trouve facilement, & par la ſeule inſpection de la machine, l'avantage

que la puiſſance doit retirer de cette multiplication de poulies.

Suppoſons, par exemple, trois poulies fixes & trois poulies mobiles diſpoſées en deux chaſſes : on aura le rapport de la puiſſance à la réſiſtance, dans ce ſyſtême de poulies, en faiſant l'analogie ſuivante : la puiſſance eſt à la réſiſtance, comme l'unité eſt au nombre des cordes qui embraſſent les poulies mobiles, & conſéquemment comme l'unité eſt à ſix ; & c'eſt ce que l'expérience confirme on ne peut mieux, en faiſant uſage de l'appareil que nous avons décrit (*Deſc. & uſ. d'un Cab. de Phyſ. t. 2, pl. XIV, fig. 3*). On y prouve qu'un poids de quatre onces eſt en équilibre avec un poids de vingt-quatre onces, qui fait l'office de réſiſtance, y compris le poids des poulies mobiles & de leur chaſſe, qui font partie du fardeau que la puiſſance doit contrebalancer.

Il n'en ſeroit cependant pas ainſi, & cette maniere d'eſtimer l'avantage de la puiſſance, deviendroit très-fautive, ſi les poulies mobiles étoient montées ſéparément dans autant de chaſſes particulieres.

(317) Soit le ſyſtême de poulies A, B, C, D, (plan. 6, fig. 2), dont la ſeule poulie D

Autre ſyſtême de poulies, dont l'avan-

tage croît selon une plus haute proportion. Pl. 6, fig. 2.

est fixe, les trois autres A, B, C, étant mobiles & isolées chacune dans une chasse particuliere. Le fardeau R est attaché à la chasse de la poulie inférieure A, & eu égard à la disposition de la corde qui l'enveloppe, la puissance qui soutiendroit l'extrémité *b* de cette corde, n'auroit à porter que la moitié de la charge (314). La poulie B, à laquelle cette corde est attachée, ne soutient donc ici que la moitié du fardeau R, plus la moitié du poids de la poulie A, qui fait portion du fardeau. Or, comme cette poulie B est disposée de la même maniere que la poulie A, elle produit le même avantage en faveur de la puissance. Si cette derniere soutenoit donc l'extrémité du cordon qui embrasse la poulie B, elle n'auroit à porter que le quart du fardeau R, & de la poulie A, plus la moitié du poids de la poulie B. Par la même raison, la poulie C, succédant de la même maniere aux deux précédentes, la puissance qui tiendroit l'extrémité de son cordon, n'auroit à équilibrer que le huitieme du fardeau R & de la poulie A, plus le quart de la poulie B, & la moitié de la poulie C; & en faisant abstraction du poids des poulies, on voit que l'avantage de cet appareil croît directement comme

Digitized by Google

le nombre des poulies mobiles augmente. Ce ſont autant de leviers du ſecond genre qui ſe ſuccedent, & qui doublent continuellement l'avantage que la puiſſance retire de leur ſervice. Ainſi dans la combinaiſon préſente, la puiſſance ne doit être que le huitieme de la réſiſtance, pour lui faire équilibre. Veut-on une formule générale pour eſtimer le rapport de la puiſſance à la réſiſtance dans cette combinaiſon de poulies ? La voici.

La puiſſance doit être à la réſiſtance, comme l'unité eſt au nombre deux, élevé à une puiſſance, dont l'expoſant eſt déſigné par le nombre des poulies mobiles. Ainſi, dans la ſuppoſition préſente, où les poulies mobiles ſont au nombre de trois, la puiſſance doit être à la réſiſtance, comme l'unité eſt au nombre deux, élevé à la troiſieme puiſſance. Or, deux élevé à ſa troiſieme puiſſance, devient égal à huit. La puiſſance doit donc être à la réſiſtance, comme l'unité eſt à huit; ce qui s'accorde parfaitement, & avec ce que nous venons de démontrer, & avec l'expérience qu'on peut faire, à l'aide de l'appareil que nous avons indiqué (*Deſc. & uſ. d'un Cab. de Phyſ. t. 2, pl. XIV, fig. 2*).

Digitized by Google

Solution d'une difficulté concernant les différens effets des deux ſyſtêmes précédens de poulies moufflées.

(318) Cette maniere différente de conſidérer les poulies mobiles, & d'évaluer l'avantage que la puiſſance retire des deux précédens ſyſtêmes de poulies moufflées, fait naître une difficulté qui mérite de trouver ici ſa place.

On ne peut diſconvenir que ſi les poulies mobiles ſont indépendantes les unes des autres, comme elles le ſont dans le dernier ſyſtême de poulies que nous venons d'examiner, ce ſont autant de leviers du ſecond genre, qui ſe ſuccedent les uns aux autres, & eu égard à leur diſpoſition, ces leviers doublent ſucceſſivement l'avantage de la puiſſance. Pourquoi ce même effet n'a-t-il pas lieu dans le cas précédent, où les poulies mobiles ſont toutes montées dans la même chaſſe? Ne ſont-elles pas également l'office de leviers du ſecond genre, auſſi favorablement diſpoſés pour la puiſſance? N'avons-nous pas démontré (314), que ſi on ne fait uſage que d'une ſeule poulie mobile, la puiſſance n'a à ſoutenir & à contrebalancer que la moitié du fardeau? Pourquoi la puiſſance a-t-elle plus d'un huitieme de ce fardeau à ſoutenir, lorſqu'on ſe ſert de trois poulies mobiles dans une même chaſſe?

Cette

Digitized by Google

Cette difficulté, qui paroît très-ſpécieuſe au premier aſpect, ſe réſout aiſément, lorſqu'on conſidere que les poulies mobiles étant fixées dans la même chaſſe, toutes les cordes ſont également tirées, & par le fardeau, & par le poids des poulies mobiles. D'où il ſuit que la réſiſtance ſe diſtribuant également ſur toutes les cordes, qui embraſſent ces poulies, chacune porte la même portion du fardeau. D'où il ſuit que l'avantage de la puiſſance ſur la réſiſtance, doit s'eſtimer par le nombre des cordes qui embraſſent les poulies mobiles. Ainſi, dans l'hypothèſe ordinaire, où l'on fait uſage de trois poulies mobiles, toutes les trois montées dans la même chaſſe, la puiſſance doit contrebalancer un ſixieme de la réſiſtance.

Dans l'autre ſyſtême, au contraire, de poulies mobiles, où elles ſont indépendantes les unes des autres, montées chacune ſéparément dans leur chaſſe particuliere, la ſomme de la charge ne ſe diſtribue pas également ſur toutes les cordes, mais bien ſucceſſivement & par parties ſur chacune de ces cordes. Chaque portion *a*, *b* de la corde qui embraſſe la poulie A (fig. 2), ne ſupporte que la moitié du fardeau R, & du Plan. 6, fig. 2.

Digitized by Google

poids de la poulie A ; (& ſi on fait abſtraction du poids des poulies, pour rendre ce raiſonnement plus facile à ſaiſir) ; la ſuivante n'ayant à ſoutenir que la moitié du poids R, cette charge ſe diſtribue également ſur les deux portions *c* & *d* des cordons qui embraſſent la poulie B : ils ne ſoutiennent donc chacun qu'un quart de la charge totale. D'où il ſuit que chaque portion de la corde qui enveloppe la troiſieme poulie C, ne ſoutient qu'un huitieme de cette même charge, & conſéquemment que la puiſſance n'a qu'un huitieme du fardeau à contrebalancer dans ce ſyſtême de poulies. Il ſuit de-là qu'il devroit être plus avantageux d'employer, dans la pratique, des poulies mobiles iſolées dans autant de chaſſes particulieres ; & cet avantage iroit très-loin, ſi on multiplioit, juſqu'à un certain point, le nombre de ces poulies. Suppoſons, par exemple, qu'on voulût employer ſix poulies mobiles, ſéparées toutes les ſix dans leurs chaſſes : la puiſſance qui agiroit, à l'aide de ce ſyſtême de poulies, n'auroit alors à ſoutenir qu'un ſoixante & quatrieme du fardeau, abſtraction faite du poids des poulies, tandis que, montées toutes les ſix dans la même chaſſe, elle ſeroit obligée d'en ſoutenir un douzieme.

Digitized by Google

Quelque avantageuse que paroisse cette pratique, la difficulté seule de la mettre en usage a obligé, de tout temps, les Méchaniciens d'y renoncer. Pour sentir toute cette difficulté, il ne faut jamais perdre de vue un principe de méchanique bien simple, que nous devons au célebre *Descartes*; & qui se retrouve dans toutes les machines que nous pouvons employer. *On ne gagne jamais de force, dit-il, qu'aux dépens du temps*, ou mieux, la puissance n'acquiert de force ou d'avantage contre une résistance donnée, qu'autant qu'elle parcourt plus de chemin, dans le même temps que la résistance en parcourt un plus petit. Si dans une seule poulie mobile, la puissance n'a à soutenir & à contrebalancer que la moitié de la résistance (314), elle est obligée de faire le double de chemin dans le même temps; ce dont on peut se convaincre facilement, en mesurant la quantité de corde que la puissance tire; & en la comparant ensuite avec l'espace parcouru par la résistance. Il en est de même pour les poulies mouflées, de quelque maniere qu'on les monte. Dans le premier système de poulies mouflées, dans lequel la puissance n'a à contrebalancer qu'un

On préfere, dans la pratique, les poulies mobiles montées dans une même chasse.

ſixieme du fardeau total (316), la puiſſance parcourt ſix fois plus d'eſpace que le fardeau dans le même temps. Elle en parcourt huit fois davantage que la charge, dans le ſyſtême ſuivant (317). Elle ſeroit donc obligée d'en parcourir ſoixante & quatre fois plus que le fardeau, ſi on venoit à multiplier juſqu'à ſix le nombre des poulies mobiles, iſolées dans leurs chaſſes particulieres. Or, à quelle hauteur faudroit-il porter la potence qui doit ſoutenir les cordes? & comment l'établiroit-on aſſez ſolidement, ſi on avoit un très-lourd fardeau à élever à une hauteur un peu conſidérable, à l'aide d'un ſyſtême de poulies de cette eſpece? C'eſt particuliérement cette difficulté qui fait abandonner, dans la pratique, un ſyſtême de poulies bien plus avantageux dans la théorie.

On ſe ſert donc communément, par préférence, de poulies moufflées, montées dans une même chaſſe; & quoique la puiſſance doive acquérir d'autant plus de force contre la réſiſtance, qu'on multiplie davantage le nombre des poulies mobiles; il eſt rare qu'on emploie plus de trois poulies de cette eſpece. Le frottement qu'elles éprouvent ſur leur axe, la roideur des cordes qui s'enveloppent

Digitized by Google

sur leur circonférence, & la difficulté qu'elles font éprouver pour s'y plier & pour se dévider, sont deux obstacles qui augmentent si sensiblement dans la pratique, qu'on perdroit, par cette seule résistance, tout l'avantage qu'on pourroit attendre de la multiplicité des poulies, si on venoit à augmenter leur nombre au-delà d'un certain point. On sera plus persuadé de cette vérité, bien connue des Méchaniciens, lorsque nous aurons exposé, dans l'article dixieme, les inconvéniens des cordes dans le service des machines. On peut néanmoins diminuer cette résistance, & remédier, en partie, à cet inconvénient, en donnant le même diametre aux poulies moufflées, & en les montant sur le même axe, parallelement les unes aux autres, telles que nous les avons représentées (*Desc. & us. d'un Cab. de Phys. pl. XIV, fig. 4*). On peut encore les disposer de différentes manieres, qu'on trouvera développées dans les ouvrages des Méchaniciens qui se sont spécialement occupés du service de ces machines, & de la maniere la plus avantageuse de les employer relativement aux circonstances.

(319) Nous avons considéré, jusqu'à pré- De la disposition oblique

des cordes sur les poulies.

sent, les cordes dont on fait usage dans le service de ces machines, comme appliquées aux extrémités d'un même diamètre ; mais il arrive rarement que cette disposition ait lieu dans la pratique, eu égard à la position respective de la puissance & de la résistance. M. *Vallis* (1) fut le premier qui fit cette importante remarque ; mais personne avant M. *Varignon*, n'avoit donné de solution générale qui pût déterminer le rapport de la puissance à la résistance, pour tous les cas possibles, soit que les cordes fussent paralleles, ou disposées sous différens degrés d'obliquité. Nous exposerons, dans la (note 4), celle qu'il publia en 1687. Elle est on ne peut plus simple & plus satisfaisante (2).

Note 4.

ARTICLE CINQUIEME.

Du Tour.

Définition.

(320) Le *tour*, autrement dit, *axis in peritrochio*, est encore une machine simple qu'on doit rapporter au levier. C'est un cy-

(1) Vallis, propos. 2, ch. 8, part. 3.

(2) Varignon, Républ. des Lettres, Mai 1687.

Digitized by Google

lindre mobile ſur les deux extrémités de ſon axe, dont chaque point fait ſucceſſivement l'office de point d'appui.

Différentes eſpeces de tour.

Il prend différens noms, ſuivant les diſpoſitions dont il eſt ſuſceptible. Lorſqu'il eſt diſpoſé parallelement à l'horiſon, il conſerve le nom de *tour*, ou il prend celui de *treuil*. Eſt-il ſitué perpendiculairement à l'horiſon, on le nomme *vindas*, ou *cabeſtan*. Dans le premier cas, il ſert à élever des fardeaux. Dans le ſecond, on l'emploie pour les faire avancer perpendiculairement ou obliquement à l'horiſon.

De quelque maniere qu'il ſoit ſitué, la puiſſance y trouve le même avantage, ou, pour mieux dire, c'eſt toujours la même analogie que nous avons établie précédemment, par rapport au levier (285), lorſqu'il s'agit de déterminer le cas d'équilibre entre la puiſſance & la réſiſtance.

Maniere de conſidérer le tour. Pl. 6, fig. 5.

(321) On doit, à proprement parler, conſidérer le tour A B (plan. 6, fig. 5), quelque ſituation qu'on lui donne, comme un aſſemblage de pluſieurs poulies, enfilées ſur le même axe. De-là ſi une corde, à l'une des extrémités de laquelle ſeroit attachée la réſiſtance R, paſſoit ſur la circonférence de

Digitized by Google

ce tour, & que la puiſſance P fût appliquée à l'autre extrémité de la même corde, on auroit alors la même analogie, que pour la poulie fixe, & conſéquemment que pour la balance, ou le levier du premier genre, dont les deux bras ſeroient égaux. La puiſſance devroit donc être égale à la réſiſtance pour qu'elle pût l'équilibrer, puiſque l'une & l'autre, agiſſant ſur la circonférence du tour, dont tous les points ſont également éloignés de l'axe, elles agiroient à la même diſtance du point d'appui.

Pour favoriſer la puiſſance qui fait uſage de cette machine, on adapte aſſez ſouvent une manivelle à l'une des extrémités de l'axe du tour. Dans ce cas, cet inſtrument doit être conſidéré comme un levier du premier genre, dont les deux bras ſont inégaux. La corde, en effet, qui ſoutient la réſiſtance, étant attachée ſur l'un des points de la circonférence du tour, cette réſiſtance eſt éloignée du point d'appui de toute la valeur du rayon de l'inſtrument; mais la puiſſance appliquée en *d*, à l'extrémité du bras *c d* de la manivelle, eſt éloignée du même point d'appui de la longueur de ce bras qui excede le rayon du tour. La puiſſance gagne donc

Digitized by Google

alors quelqu'avantage ſur la réſiſtance : avantage qui doit augmenter à proportion que le bras *c d* de la manivelle devient plus long, toutes choſes égales d'ailleurs, puiſque, pour le cas d'équilibre, la puiſſance doit être à la réſiſtance, comme le rayon du tour eſt à la longueur du bras de la manivelle.

Moyen d'augmenter l'avantage qu'on peut tirer d'un tour.

(322) On conçoit aiſément qu'une manivelle, appliquée à l'une des extrémités d'un tour, ne peut apporter un avantage bien conſidérable à la puiſſance, puiſqu'il n'eſt pas poſſible de prolonger au-delà de certaines bornes le bras de cette manivelle. De-là, ſi la réſiſtance qu'on ſe propoſe de ſurmonter, excede la force de la puiſſance deſtinée à conduire cette manivelle, on peut remédier à cet inconvénient, en multipliant la puiſſance, par le moyen d'une ſeconde manivelle, appliquée à l'autre extrémité du même tour. Mais il eſt bon d'obſerver en même temps que la diſpoſition de cette derniere manivelle n'eſt pas indifférente.

Maniere de diſpoſer deux manivelles ſur un tour.

Un homme, en effet, qui tourne une manivelle d'une certaine longueur, ne jouit pas d'une même force dans tous les points de la circonférence qu'il décrit. Cette force eſt autant petite qu'elle puiſſe être, lorſque la

manivelle ayant décrit la portion ſupérieure de cette circonférence, elle répond à la hauteur des épaules de celui qui la fait tourner. Il n'a alors que l'effort de ſes muſcles à lui oppoſer; mais dès l'inſtant qu'il commence à la faire deſcendre, le poids de ſon corps vient à ſon ſecours, & il agit avec le plus grand avantage poſſible, lorſque la manivelle eſt parvenue vers le point le plus bas de ſa circonférence. C'eſt alors que la puiſſance étant obligée d'agir en ſens contraire de la peſanteur, pour ramener cette manivelle, elle ne peut plus profiter du poids de ſon corps, & que ſa force diminue inſenſiblement à proportion que la manivelle s'éleve.

Cette obſervation, purement méchanique, ſuffit pour faire comprendre qu'un homme qui tourne une manivelle, agit avantageuſement pendant une demi-révolution, & déſavantageuſement pendant l'autre demi-révolution. De-là, on conçoit que ſi on veut appliquer deux manivelles à un tour, il faut faire en ſorte que l'une des deux puiſſances agiſſe favorablement, tandis que l'autre agit ſelon une direction déſavantageuſe. On parviendra à cet effet, ſi on diſpoſe les deux manivelles en ſens

Digitized by Google

contraire ; comme on peut le remarquer (pl. 6, fig. 5), de façon que les deux puiſſances décrivent en même temps les deux demi-circonférences oppoſées. Dans cette diſpoſition, l'une des deux puiſſances acquerra de la force, dans le même temps que l'autre perdra de la ſienne. Pl. 6, fig. 5.

(323) Les applications preſque ſans nombre qu'on fait de la manivelle, ont engagé les Méchaniciens à chercher des moyens de remédier à l'inégalité de ſon mouvement, défaut eſſentiel qu'on remarque dans preſque toutes les manivelles. Dans les petites machines, telles que celles dont la manivelle eſt conduite avec le pied, comme on l'obſerve dans le rouet, dans la meule & dans quelques autres de cette eſpece, le branle de la roue produit un effet aſſez avantageux, & la puiſſance s'apperçoit très-peu de l'inégalité du mouvement de la manivelle. Mais cet avantage ne s'étend pas bien loin ; il ne ne ſuffiroit point, ſi la réſiſtance qu'on ſe propoſe de vaincre, devenoit plus conſidérable. Obſervation ſur les manivelles.

C'eſt pour cette raiſon que l'Opticien, par exemple, qui travaille les verres ſur un petit tour à rouet, dont la manivelle eſt menée Roue de branle.

Digitized by Google

avec le pied, a soin d'ajouter à sa roue une *seconde roue de branle.* Cette derniere est une croix de fer dont les croisillons, appliqués contre la roue du tour, excédent la longueur des rayons de cette derniere. Pour donner plus de branle à ces croisillons, il les charge d'un poids de plomb fixé à leurs extrêmités.

Quoique cette pratique paroisse assez avantageuse pour remédier à l'inconvénient dont il est ici question, il paroît qu'on y remédie encore mieux par l'application d'une seconde manivelle, & c'est le moyen le plus usité dans les grandes machines.

Autre moyen d'augmenter l'avantage du tour.

(324) Lorsqu'on destine le tour à faire monter de gros fardeaux, le secours que la puissance tireroit de deux manivelles, ne seroit pas toujours suffisant. Dans ce cas, on adapte & on traverse le tour par des leviers croisés *a b*, *a b* (plan. 6, fig. 5), dont la longueur excéde de beaucoup celle du rayon du tour. La puissance appliquée à l'extrêmité de ces leviers, agit alors à une plus grande distance du point d'appui, & y trouve un avantage qu'elle ne pourroit attendre de deux manivelles. Dans ce cas, comme dans les précédens, l'équilibre, entre la puissance & la résistance, dépend toujours de la même

Pl. 6, fig. 5.

Digitized by Google

analogie. La puiſſance doit être à la réſiſtance, comme le rayon du treuil eſt à la longueur du levier, priſe depuis l'axe de la machine.

Ces leviers cependant ne ſont point encore ſuffiſans en bien des circonſtances. Ils ne ſuffiroient point, par exemple, pour élever ces maſſes énormes de pierre qu'on tire du fond des carrieres, & on en conçoit aiſément la raiſon. Comme ces leviers ſont appliqués ſur la circonférence du tour, ils repréſentent des rayons prolongés de cet inſtrument. Or, des rayons s'écartent néceſſairement les uns des autres, à meſure qu'on les prolonge : on ne pourroit donc les prolonger autant qu'il ſeroit néceſſaire pour donner à la puiſſance tout l'avantage dont elle auroit beſoin en pareilles circonſtances, qu'ils ne fuſſent alors trop écartés les uns des autres. Conſéquemment, un homme appliqué à l'extrêmité de l'un de ces leviers, ne pourroit atteindre le ſuivant, lorſqu'il auroit abaiſſé celui qu'il conduit. Il faudroit donc néceſſairement multiplier le nombre de ces leviers, pour diminuer leur écartement. Mais on ne pourroit le multiplier, ſans affoiblir à proportion le tour, & il ne ſeroit plus en état alors de réſiſter à la charge qu'il auroit à ſupporter.

Digitized by Google

De la roue des carrieres.

(325) C'eſt pour obvier à ce dernier inconvénient, & en même temps pour donner à ces leviers toute la longueur qu'ils exigent, qu'après les avoir ſuffiſamment prolongés, on les entoure d'une roue, & qu'on implante, ſur la circonférence & ſur le plan de cette roue, un certain nombre de chevilles peu diſtantes les unes des autres. Ces chevilles peuvent être regardées comme autant de bras de leviers particuliers, dont la longueur eſt égale au rayon de la roue à laquelle ils appartiennent. Nous avons fait graver cette machine, qu'on connoît en général ſous le nom de *roue de carrieres* (*Deſc. & uſ. d'un Cab. de Phyſ. t. 1, plan. XIV, fig. 7.*

On conçoit aiſément avec quelle facilité la puiſſance peut être appliquée à cette roue, & l'avantage qu'elle y trouve contre la réſiſtance. L'équilibre, entre l'une & l'autre, dépend encore ici de la même analogie (285). La puiſſance doit être à la réſiſtance, comme le rayon du treuil eſt au rayon de la roue, pris depuis l'axe, juſqu'à la circonférence dans laquelle les chevilles ſont implantées.

Obſervation ſur les cables dont on ſe ſert dans ces ſortes de machines.

(326) Nous faiſons abſtraction ici de la groſſeur du cable qui ſoutient le fardeau, & qui s'enveloppe ſur le tour. On doit cepen-

Digitized by Google

dant y avoir égard dans la pratique, sur-tout lorsqu'on est obligé d'employer de gros cables, comme il arrive lorsque le fardeau est très-lourd. Supposons, en effet, que ce cable ait deux pouces de diametre, il aura donc alors un pouce de rayon; le fardeau qui est suspendu, exerçant son action sur la longueur de son axe, sera donc, par ce moyen, éloigné d'un pouce au-delà de la circonférence du treuil; ce qui augmente d'un pouce sa distance à l'axe, ou la longueur de son rayon.

Dans l'usage ordinaire, le diametre du treuil n'est que de dix pouces; supposons-le d'un pied, ou de douze pouces, son rayon n'est donc que de six pouces. La grosseur de la corde le prolonge donc d'un sixieme en sus, ce qui mérite quelque considération dans la pratique.

Il arrive encore assez souvent qu'on est obligé de faire faire plusieurs révolutions au cable, suivant la profondeur à laquelle le fardeau se trouve placé. Or, chaque fois que le cable fait une nouvelle révolution sur le treuil, le diametre du treuil augmente de la demi-épaisseur du diametre du cable, parce qu'il se loge, à chaque fois, entre les deux tours correspondans, ce qui prolonge à proportion

le rayon de l'instrument. La résistance s'éloigne donc alors du point d'appui, tandis que la puissance demeure constamment à la même distance, ce qui diminue progressivement l'avantage que la puissance pourroit attendre de la construction de la machine.

Autre circonstance également défavorable à la puissance.

(327) Nous avons supposé jusqu'à présent que la puissance, appliquée sur la circonférence de la roue du treuil, ou sur l'extrêmité d'un des rayons prolongés de ce treuil, agissoit perpendiculairement à ce rayon. Sans cette condition, l'action de la puissance devenant oblique, elle n'obtiendroit point, à beaucoup près, tout l'effet indiqué par l'analogie dont on fait usage. C'est une nouvelle considération à ajouter, lorsqu'on veut supputer quel doit être l'effort de la puissance, pour faire équilibre à une résistance donnée, par l'intermede d'un treuil ou d'une roue de carrieres.

Pl. 6, fig. 6. Supposons donc que le cercle ABC (pl. 6, fig. 6.) représente la roue d'un treuil, & le petit cercle DEF, le tour ou le cylindre. Si la puissance P, qui agit en H, extrêmité du rayon *o* H, est dirigée selon H P, perpendiculaire à ce rayon, elle jouira completement de toute l'intensité de sa force, & on aura,

Digitized by Google

aura, pour le cas d'équilibre, la proportion que voici. La puiſſance doit être à la réſiſtance, comme le rayon *o* E du cylindre eſt à *o* H, rayon de la roue. Mais ſi la direction de la puiſſance vient à changer, & que, de perpendiculaire, elle devienne oblique à ce rayon, ſoit qu'elle forme avec lui un angle aigu, ou obtus, alors ſon intenſité diminuera.

Suppoſons, 1°. qu'elle forme avec le rayon *o* H, l'angle aigu *o* H G, en prenant la direction G H: dans cette ſuppoſition, la puiſſance qui agit ſelon H G, eſt à la précédente, qui agiſſoit ſelon la perpendiculaire H P, comme le ſinus de l'angle de direction, eſt au rayon, ou au ſinus total. Une force, en effet, appliquée au point H, & dont la direction eſt exprimée par H G, eſt préciſément la même choſe que ſi elle étoit appliquée au point G, ſelon la direction perpendiculaire G C, tandis que celle qui eſt appliquée au même point H, ſelon la direction H P, peut être conſidérée comme appliquée perpendiculairement au point I, ſelon la direction I *p*, puiſque *o* I eſt égal à *o* H. Suppoſons donc, pour un inſtant, que la force appliquée perpendiculairement en H, ſoit tranſportée perpendiculairement en I, ſelon la

direction I *p*, & que celle qui eſt appliquée obliquement en H, ſoit appliquée perpendiculairement en G, ſelon la direction G H. Dans cette ſuppoſition, on aura la force appliquée en G, eſt à celle qui eſt appliquée en I, comme *o* G eſt à *o* I. Or, *o* G eſt le ſinus de l'angle de direction G H *o*, & *o* I eſt le rayon, ou le ſinus total. Ces deux forces ſont donc entre elles, comme le ſinus de l'angle de direction eſt au ſinus total.

Cette même démonſtration aura encore lieu dans la ſeconde ſuppoſition, où la puiſſance formeroit un angle obtus avec le rayon, ſur l'extrémité duquel elle agiroit. Soit, en effet, la puiſſance appliquée au point H (plan. 6, fig. 7), ſelon la direction H P, de façon qu'elle forme avec le rayon *o*H, l'angle obtus P H*o*. Si on prolonge indéfiniment la ligne de direction P H, & que de l'axe du treuil, on conduiſe la perpendiculaire *o* A, cette perpendiculaire rencontrera en A, le prolongement de la ligne de direction. Si du centre *o*, & d'un intervalle égal à la perpendiculaire *o* A, on décrit un arc de cercle, il coupera en B le rayon *o* H, & on aura la puiſſance appliquée au point H, ſelon la direction H P, égale à la même puiſſance ap-

Plan. 6, fig. 7.

Digitized by Google

pliquée perpendiculairement au point B. On aura donc la puiſſance appliquée au point H, ſelon la direction HP, eſt à la même puiſſance appliquée perpendiculairement en H, comme *o*B, ou *o*A ſon égal, eſt à *o*H. Cela poſé, conſidérant *o* H, hypothenuſe du triangle rectangle H A *o*, comme le ſinus total; on aura *o*A, ſinus de l'angle de direction P H*o*, puiſqu'il eſt le ſinus de ſon angle de ſupplément *o*H A. Par conſéquent la puiſſance appliquée obliquement au point H, ſelon la direction H P, eſt à la même puiſſance appliquée perpendiculairement au même point, comme le ſinus de l'angle de direction eſt au ſinus total.

Il ſuit de tout ce que nous venons de dire par rapport au treuil, que la puiſſance qui agit contre une réſiſtance, à l'aide d'une ſemblable machine, acquiert d'autant plus d'avantage contre cette derniere, qu'elle agit à l'extrémité d'un plus long levier, & qu'elle agit perpendiculairement au levier ſur lequel elle eſt appliquée. Il ſuit encore de ce que nous avons fait obſerver par rapport aux cables dont on eſt obligé de faire uſage dans le ſervice de ces machines, que la puiſſance ne conſerve point tout l'avantage

Digitized by Google

initial qu'elle avoit contre la réſiſtance, lorſque le cable fait pluſieurs révolutions ſur le treuil. Eloigner, en effet, la réſiſtance du point d'appui, ou diminuer la longueur du levier, à l'extrémité duquel la puiſſance eſt appliquée, c'eſt toujours affoiblir proportionnellement l'intenſité de cette derniere.

Application ingénieuſe de l'inégalité de la longueur du levier ſelon lequel la puiſſance peut agir dans un treuil.

(328) On a ſu mettre à profit ces différens rapports de diſtances au point d'appui entre la puiſſance & la réſiſtance, pour conſerver toute l'intenſité d'une puiſſance, qui, de ſa nature, s'affoiblit continuellement. C'eſt ce qu'on remarque, & ce qu'on a exécuté d'une maniere très-ingénieuſe dans les montres, dont le premier moteur eſt un reſſort enveloppé ſur lui-même & renfermé dans un barillet.

L'action de ce reſſort ſe tranſmet aux roues qu'il fait mouvoir, à l'aide d'une chaîne A B (plan. 6, fig. 8), roulée ſur une fuſée conoïdale, ou en forme de cône C D E. Quoique l'action de ce reſſort s'affoibliſſe à proportion qu'il ſe développe ſur le barillet A F, elle demeure néanmoins conſtamment la même par rapport à la réſiſtance, ou par rapport au rouage qu'elle fait tourner.

Plan. 6, fig. 8.

Conſidérez, en effet, que le reſſort étant

Digitized by Google

entiérement bandé, il jouit de toute l'intenſité de ſa force, & la chaîne tire alors à la partie ſupérieure de la fuſée, & conſéquemment par un très-petit bras du levier. Mais lorſque le reſſort eſt preſque débandé, & que ſa force eſt conſidérablement rallentie, la chaîne tire alors vers la partie inférieure de la fuſée, & conſéquemment par un levier beaucoup plus long; de ſorte que la longueur du levier, priſe depuis la partie ſupérieure C, juſqu'à ſon inférieure D E, croît proportionnellement à la diminution de la force du reſſort.

Treuil conduit par une roue en forme de tambour.

(329) Pour ne rien omettre ſur la conſtruction du treuil, nous ferons remarquer encore qu'il y en a quelques-uns dont les leviers ſont enveloppés d'une roue, mais bien différente de la roue à chevilles dont nous avons fait mention ci-deſſus (325). Celle dont il eſt ici queſtion, eſt conſtruite de maniere qu'elle reçoit ſon mouvement de l'effort que font, en marchant dans l'intérieur de ſa circonférence, des hommes, ou des animaux qu'on fait entrer dans l'intérieur de cette roue (*Deſc. & uſ. d'un Cab. de Phyſ. t. 2, pl. XIV, fig. 8*). On fait ordinairement uſage de ces ſortes de machines, pour

Digitized by Google

tirer de l'eau d'un puits très-profond, mais ſur-tout pour faire tourner la broche dans les cuiſines.

Pour peu qu'on conſidère ces ſortes de roues, on voit auſſi-tôt qu'on ne doit point s'attendre à y trouver le même avantage qu'on retire d'une roue de carrieres. Dans ces dernieres, la puiſſance peut être éloignée du point d'appui, de toute la longueur du rayon de la roue, compriſe depuis le centre, juſqu'à l'endroit où les chevilles ſont implantées ſur ſa circonférence, & la puiſſance obtient d'abord tout l'effet qu'elle peut eſpérer de cette machine. Il n'en eſt pas de même des roues en forme de tambour. La puiſſance ne jouit point d'abord de tout l'avantage que cette machine lui offre. Elle commence à agir à une diſtance très-peu éloignée de l'axe, & elle eſt obligée de faire un plus grand effort. Cette diſtance, à la vérité, augmente progreſſivement; ce qui allégit de plus en plus le fardeau, & diminue la dépenſe des forces de la part de la puiſſance. Malgré cela cependant, cette derniere ne peut profiter que juſqu'à un certain point, de cet avantage. Son action ne s'exerce jamais perpendiculairement à l'extrémité du rayon de la roue.

Digitized by Google

Pour saisir ceci plus aisément, soit la roue A B D (plan. 6, fig. 9), dans laquelle on fait marcher un homme, pour faire monter la résistance R. Lorsque cet homme est en *d*, & qu'il veut mettre la roue en mouvement, sa ligne de direction est *a d*, & conséquemment l'effort qu'il exerce contre cette roue, se fait sentir perpendiculairement au point *a*, qui n'est éloigné du point d'appui, ou de l'arbre, que de la quantité C *a*; mais lorsqu'il est arrivé en *e*, sa ligne de direction devient *b e*, & l'effort de cet homme se déploie sur le point *b*, éloigné du centre de mouvement C, de la quantité C *b*, plus grande que C *a*, de toute la quantité *a b*. La distance au point d'appui, à laquelle il agit en marchant dans cette roue, va donc en augmentant, & conséquemment la dépense de forces que l'homme doit faire, va progressivement en diminuant: mais quoique cette distance augmente, & soulage d'autant la puissance, elle ne peut jamais devenir égale à C *c*, c'est-à-dire, au rayon de la roue. La situation du corps de l'homme, devenant tout-à-fait parallele à l'horison, son centre de gravité ne seroit plus soutenu, & il tomberoit nécessairement. Il ne peut même, à beaucoup près, pl. 6, fig. 9.

Digitized by Google

approcher de ce point, & parcourir un arc beaucoup plus grand que *de*, s'il veut veiller, comme il convient, à la ſtabilité de ſon corps.

Beaucoup de machines, dont l'uſage eſt très-familier, doivent ſe rapporter au treuil.

(330) On doit encore rapporter au ſimple treuil nombre de machines, dont l'uſage eſt très-familier dans la conſtruction des édifices. La *chevre*, la *grue*, le *grueau*, l'*angin* ſont de cette eſpece. Toutes compliquées qu'elles paroiſſent au premier aſpect, elles ne ſont, à proprement parler, que des treuils. La puiſſance appliquée à ces ſortes de machines, ne trouve que le même avantage qu'elle retireroit d'un treuil ordinaire. Pour peu, en effet, qu'on étudie la conſtruction de ces ſortes de machines, on verra aiſément que ſi elles different du treuil, cette différence n'influe ni au profit, ni au détriment de la puiſſance. Ce ne ſont autre choſe que des treuils, mais diſpoſés d'une maniere convenable à l'uſage auquel on les deſtine. La grue, par exemple, que tout le monde connoît, n'eſt qu'un treuil, conduit par des leviers croiſés, ou par une roue à chevilles, diſpoſée de maniere que la corde qui s'enveloppe ſur la circonférence du tour, paſſe ſur des poulies fixes, placées au haut du bec de la grue, à deſſein ſeu-

Digitized by Google

lement d'élever le fardeau beaucoup plus haut que le treuil, & de pouvoir l'amener à la hauteur de l'endroit où il doit être placé. Le bec de la grue eſt mobile ſur une eſpece de pivot établi ſur le pied de l'inſtrument, ce qui ne change encore rien à l'effet de la puiſſance contre la réſiſtance. Cette diſpoſition ne ſert qu'à faire mouvoir circulairement le bec de la grue, & à amener, dans l'intérieur du bâtiment, les matériaux qu'on éleve, ſans être obligé de les aller chercher vers le bord de l'endroit où la grue les apporte.

On doit dire la même choſe du grueau, de l'angin, de la chevre ordinaire. Il eſt, à la vérité, une autre eſpece de chevre qu'on ne peut regarder comme un ſimple treuil. Celle-ci eſt une machine véritablement compoſée. Outre le treuil, qui fait la principale partie de cet inſtrument, la corde qui s'enveloppe ſur ſa circonférence, porte encore une poulie mobile, une eſpece de mouffle qui s'éleve avec le fardeau, & qui double l'effet de la puiſſance. On ſe ſert aſſez communément de cette eſpece de chevre ſur les ports de mer, pour ſoulever les gros ballots, & pour les tirer du fond de calle des vaiſſeaux, & plus communément dans l'artillerie, pour

Digitized by Google

mouvoir & ſoulever les canons, & c'eſt de-là qu'elle tire ſon nom, & qu'elle s'appelle *chevre d'artillerie.* L'uſage, la fréquentation des atteliers, & l'inſpection de ces ſortes de machines, ſuffiſent pour les bien connoître. Nous les avons fait graver dans notre Ouvrage intitulé (*Deſc. & uſ. d'un Cab. de Phyſ. t.* 1, *plan. XV*).

Du cabeſtan. (331) Quoique le cabeſtan ne ſoit diſtingué du treuil que par ſa poſition, & que, pour le cas d'équilibre entre la puiſſance & la réſiſtance qui agiſſent l'une contre l'autre, par le moyen d'un cabeſtan, on ait la même analogie que dans le treuil, nous croyons devoir nous arrêter un peu à la conſidération de cette machine, pour en faire connoître l'uſage & les inconvéniens. On emploie communément le cabeſtan à tirer des fardeaux, & à les faire avancer parallelement ou obliquement à l'horiſon.

On emploie encore fort avantageuſement cette machine, lorſqu'il s'agit de remonter un vaiſſeau, & de le faire venir à terre pour le *calfater*, c'eſt-à-dire, pour en boucher les fentes & les jointures avec des étoupes & de la poix; mais on s'en ſert ſur-tout pour lever l'ancre.

Digitized by Google

On trouve dans les vaiſſeaux ordinaires deux cabeſtans. L'un grand, & qu'on appelle *cabeſtan double*, établi ſur le premier pont : l'autre, qui n'eſt qu'un cabeſtan ordinaire, eſt établi ſur le ſecond pont, entre le grand mât & celui de miſene. Celui-ci ne ſert qu'à hiſſer les mâts de hune & les voiles. On ſe ſert du premier, lorſqu'on veut lever l'ancre. Cette opération ne ſe fait point avec toute la promptitude & la facilité qui ſeroient à deſirer. Malgré les recherches multipliées qu'on a faites, il ſeroit à deſirer qu'on pût remédier à des défauts eſſentiels que la conſtruction & le ſervice du cabeſtan emportent avec eux. On les ſaiſira facilement, en prenant une légere idée de la manœuvre.

Application de cette machine aux vaiſſeaux.

Lorſqu'il s'agit de lever l'ancre, on fait faire à un cordage d'une groſſeur médiocre, & qu'on appelle *tourne-vire*, deux tours ſur le cabeſtan, & on joint enſemble les deux bouts de ce cordage, de façon que l'un des côtés ne peut ſe rouler, que l'autre ne ſe déroule à proportion.

Manœuvre pour lever l'ancre.

Le cable qui tire l'ancre, eſt attaché au tourne-vire avec de petites cordes qu'on appelle *garcettes*; mais le cable, eu égard à la groſſeur qu'on eſt obligé de lui donner,

Digitized by Google

ne peut se rouler sur le cylindre du cabestan ; on se contente donc, en le faisant tourner, d'amener le tourne-vire & les garcettes qui y sont jointes ; mais elles sont bientôt hors de service. Il faut donc faire alors de nouveaux nœuds, premier défaut qui emporte beaucoup de temps, parce que cette opération se réitere souvent.

Un second défaut encore plus grand que le premier, c'est que le tourne-vire, en se roulant sur le cabestan, descend de toute sa grosseur, & arrive au bout. On est donc obligé de rehausser, ce qu'on appelle *choquer le tourne-vire* ; ce qui fait cesser toute la manœuvre, parce qu'on est obligé de dévirer le cabestan, pour lâcher le cordage.

Cet inconvénient a toujours paru si désavantageux, qu'on a fait nombre de tentatives pour y remédier. L'Académie des Sciences s'occupa même particuliérement de cet objet en 1740, & elle proposa, pour Prix de 1741, la maniere d'y remédier, en imaginant quelque nouveau cabestan, ou quelqu'autre machine qui pût en tenir lieu. Il y eut quatre Mémoires qui mériterent les éloges de l'Académie, & qu'elle couronna ; celui de M. *Jean Bernouilli* fils, celui d'un Anonyme,

Digitized by Google

celui de M. *Poleni*, & le quatrieme de M. *Ludolf.* Quoique ces Mémoires méritaſſent cet honneur, par les excellentes choſes qu'ils renfermoient, l'Académie décida qu'on n'avoit point encore tranché, & encore moins réſolu le point de la difficulté.

On peut lire encore un excellent Mémoire ſur la même matiere dans le quatrieme volume des Ouvrages de M. *Jean Bernouilli* pere; mais on ne ſera pas plus ſatisfait pour cela ſur ce qui concerne la pratique & la manœuvre du cabeſtan, & on ne peut trop encourager les Méchaniciens à faire de nouveaux efforts pour perfectionner cet inſtrument.

ARTICLE SIXIEME.

Du Plan incliné.

(332) On appelle plan incliné, tout plan qui fait angle avec l'horiſon (208). Nous avons déjà fait obſerver (210) que l'action de la peſanteur contre un corps qui ſe meut ſur un plan de cette eſpece, étoit rallentie par l'inclinaiſon de ce plan. C'eſt dans ce rallentiſſement que la puiſſance trouve tout l'avan- Définition.

Digitized by Google

tage que le plan incliné lui procure, pour soutenir, faire monter ou descendre un fardeau, qui repose sur la longeur d'un plan de cette espece.

On conçoit, en effet, que s'il falloit élever un corps à une certaine hauteur, sans le secours d'aucune machine, il faudroit, de toute nécessité, que la puissance fût propre à vaincre la totalité de son poids, ou l'effort avec lequel il tendroit vers le centre de la terre. Or, cette tendance étant diminuée par l'inclinaison du plan sur lequel ce corps est appuyé, la puissance qui agit contre lui, n'a plus à vaincre qu'une partie de son poids. Il ne reste donc qu'à déterminer maintenant quelle portion de ce poids il doit supporter ou vaincre.

Quantité d'effort que doit faire la puissance pour équilibrer une résistance sur un plan incliné.

(333) Pour satisfaire à cette question, il suffit de se rappeller la théorie que nous avons établie précédemment, en traitant de la chûte des corps sur un plan incliné. Nous avons démontré que la vîtesse relative, celle avec laquelle un corps se meut sur un plan incliné, étoit à sa vîtesse absolue, celle avec laquelle il tomberoit librement & perpendiculairement à l'horison, comme la hauteur du plan sur lequel il se meut, est à sa longueur. Or,

Digitized by Google

la puiſſance qui agit contre une réſiſtance, à l'aide d'un plan incliné, n'a à contrebalancer & à arrêter que la vîteſſe relative de ce corps. On peut donc déterminer aiſément la quantité d'effort qu'elle eſt obligée de faire pour produire cet effet. Il ne s'agit, pour cela, que de connoître le rapport qui ſe trouve entre la vîteſſe abſolue & la vîteſſe relative, ou plus commodément, le rapport entre la longueur & la hauteur du plan incliné, qui repréſentent ces deux eſpeces de forces ou de vîteſſes. On aura donc équilibre entre une puiſſance & une réſiſtance qui agiront l'une contre l'autre ſur un plan incliné, *ſi la puiſſance eſt à la réſiſtance, comme la hauteur du plan eſt à ſa longueur.*

Un fardeau de cent livres, par exemple, qui ne peut être contrebalancé & équilibré que par une force ſemblable, lorſque la puiſſance doit agir contre la force abſolue, ou la totalité de ce fardeau, ſera équilibrée par une force de cinquante livres, s'il eſt placé ſur un plan incliné, dont la hauteur ſoit ſous-double de la longueur.

Nous nous ſommes ſuffiſamment étendus ſur l'effet que produit le plan incliné, pour diminuer l'effort d'un corps qui ſe meut ſur

Digitized by Google

la longueur d'un plan de cette eſpece. Il n'eſt donc point néceſſaire de nous arrêter davantage ſur cette théorie. Nous nous y arrêterons cependant encore un inſtant, pour la préſenter ſous un nouveau jour, & pour démontrer qu'on peut appliquer ici la même analogie dont nous nous ſommes ſervis juſqu'à préſent, & qu'on peut rappeller le plan incliné au levier.

Maniere de rappeller le plan incliné au levier. Pl. 7, fig. 1.

Soit le corps R (plan. 7, fig. 1), placé ſur le plan incliné AC, & ſoutenu par la puiſſance P, qui agit ſelon une direction RX, parallele au plan. Il s'agit de démontrer qu'en conſidérant cette machine comme un levier, on a l'analogie ſuivante. La puiſſance P eſt à la réſiſtance R, comme la hauteur CB du plan, eſt à ſa longueur CA.

Soit, pour cet effet, tiré du centre de gravité R, au point D, où le fardeau touche le plan, la ligne RD, & du point D, ſoit menée D*e*, perpendiculaire ſur la ligne de direction R*e*, de la gravité de ce corps, on aura alors un levier angulaire RD*e*, dont le point d'appui ſera en D. Suppoſons maintenant que la puiſſance P ſoit appliquée à l'une des extrémités R de ce levier, & la réſiſtance en *e*; la puiſſance ſera donc à la réſiſtance,

Digitized by Google

réſiſtance, comme *e* D eſt à D R ; mais le triangle D R *e* eſt ſemblable au triangle A C B ; leurs côtés homologues ſont donc proportionnels, & conſéquemment on aura *e* D, eſt à D R, comme C B eſt à C A. Or, ces deux dernieres raiſons étant égales, on pourra les ſubſtituer l'une à l'autre, & conſéquemment on dira, la puiſſance P agiſſant à l'extrémité R du levier angulaire R D *e*, eſt à la réſiſtance appliquée en *e*, comme la hauteur *c* B du plan incliné eſt à ſa longueur C A.

Expérience qui confirme la théorie du plan incliné.

L'expérience confirme encore cette théorie, autant qu'il eſt poſſible de s'en rapporter à des machines néceſſairement imparfaites en pareilles circonſtances, eu égard à la grandeur des frottemens qu'on ne peut aſſez diminuer. On peut conſulter, à ce ſujet, l'appareil que nous avons expoſé (*Deſc. & uſ. d'un Cab. de Phyſ. t. 2, plan. XVI, fig. 2*) : on verra, 1°. que la hauteur d'un plan incliné, étant ſous-double de ſa longueur, une puiſſance comme un, eſt en état d'équilibrer une réſiſtance comme deux, en agiſſant contre elle, ſelon une direction parallele à la longueur du plan. 2°. Que ſi on change l'inclinaiſon du plan, de ſorte que

Digitized by Google

ſa hauteur ne conſerve plus le même rapport avec ſa longueur, l'équilibre ſera rompu, en faveur de la puiſſance, ou de la réſiſtance. Il le ſera en faveur de la puiſſance, ſi l'inclinaiſon eſt telle, que la hauteur du plan ſoit moins que ſous-double de ſa longueur. Il le ſera, au contraire, en faveur de la réſiſtance, ſi la hauteur du plan eſt plus que ſous-double, & qu'on conſerve le même rapport entre les maſſes.

Plus la hauteur du plan ſera petite, ſa longueur reſtant la même, & moins la puiſſance qui doit équilibrer le fardeau, aura d'effort à faire : d'où il ſuit que ſi la hauteur du plan étoit infiniment petite, la force relative deviendroit nulle, & la puiſſance n'auroit aucun effort à faire pour ſoutenir la réſiſtance.

Application de cette théorie, à l'effort que l'homme eſt obligé de faire pour monter une montagne.

On conçoit facilement par tout ce que nous venons de faire obſerver, concernant le plan incliné, pour quelle raiſon un homme ſe fatigue ſi promptement, lorſqu'il monte au haut d'un édifice, ou ſur une montagne. Suppoſons que cette montagne ſoit inclinée comme le plan AC (plan. 7, fig. 1), dans cette ſuppoſition, le poids du corps de l'homme, que nous évaluerons à 150 livres,

Pl. 7, fig. 1.

Digitized by Google

pour la commodité du calcul, ſera, par rapport à cette montagne, comme la réſiſtance R, par rapport au plan A C. On aura donc la même proportion que précédemment; & on dira, l'effort qu'il doit faire pour marcher, eſt à la totalité du poids de ſon corps, comme la hauteur C B de la montagne, eſt à ſa longueur C A. Suppoſons maintenant que cette hauteur C B ſoit le tiers de la longueur C A, l'effort qu'il ſera obligé de faire ſera donc égal à 50 livres, tiers du poids total 150 livres. Il ſera donc obligé, à chaque pas qu'il fera ſur la longueur de la montagne, de porter un poids de 50 livres, tandis qu'il n'auroit aucun poids à porter, s'il marchoit ſur un plan parfaitement horiſontal.

ARTICLE SEPTIEME.

Du Coin.

(334) Le *coin* eſt une machine ſimple, qu'on peut repréſenter par un priſme triangulaire, dont les côtés ſont un triangle rectangle A B C (plan. 7, fig. 2). La baſe A B de ce triangle, repréſente *la hauteur du* Définition. pl. 7, fig. 2

Digitized by Google

coin. BC, hauteur du triangle, repréſente *le dos* de cette machine; & le côté AC, ou l'hypothenuſe du triangle, marque la longueur de l'inſtrument.

Souvent on adoſſe deux coins l'un contre l'autre, & on les unit enſemble, ſelon leur hauteur AB (plan. 7, fig. 3). Dans ce cas, le coin ADC forme ce qu'on appelle un double coin.

Pl. 7. fig. 3.

Uſage du coin.

(335) L'uſage de cet inſtrument paroît aſſez naturellement indiqué par ſa figure. On conçoit aiſément qu'il peut être propre à fendre du bois, à ſéparer des corps fortement unis, & même à élever des fardeaux. Les puiſſances qu'on emploie pour faire agir les coins, ne ſont quelquefois que de ſimples preſſions; le plus ſouvent cependant on a recours à la percuſſion, pour les faire avancer.

Lorſqu'on ſe ſert d'un coin pour ſéparer, ou pour fendre des corps, il peut ſe faire que ces corps ſe fendent à proportion que le coin avance; quelquefois la fente précede le coin.

Quel avantage la puiſſance retire du ſervice du coin.

(336) L'uſage de cet inſtrument remonte juſqu'à la plus haute antiquité; & ſi les ſentimens ſont partagés ſur ſon origine, ils ne

Digitized by Google

le ſont pas moins ſur l'avantage qu'il procure à la puiſſance. Les premiers Méchaniciens qui s'appliquerent à cette conſidération, regarderent le coin comme un levier ; mais ils s'accordent ſi peu ſur la ſituation du point d'appui, qu'il n'eſt guere poſſible de juſtifier leur théorie.

On le conſidéra enſuite comme un plan incliné, dont on voulut expliquer la fonction par le moyen du levier. Toute ingénieuſe que ſoit cette idée, elle n'eſt pas tout-à-fait ſatisfaiſante, parce qu'on néglige alors de conſidérer le chemin que parcourent en même temps la puiſſance & la réſiſtance ; ce qui doit néceſſairement entrer dans l'eſtimation de la force du coin.

D'autres enfin ont conſidéré cet inſtrument, abſtraction faite de toute autre machine, & parmi ces derniers, les ſentimens ſont encore partagés. Nous ferons abſtraction de toutes ces opinions, qu'on trouvera très-bien expoſées dans les Ouvrages de MM. *Varignon* & *de la Hire*, pour nous occuper ſeulement à développer la théorie qui nous paroît la plus exacte & la plus conforme à l'expérience, autant qu'il eſt permis de compter ſur des machines qu'on ne peut

Digitized by Google

assez perfectionner, pour des expériences aussi délicates.

Analogie pour le coin simple.

(337) Supposons donc qu'on se propose de fendre un corps, à l'aide d'un coin simple A B C (plan. 7, fig. 4), & que ce corps ne se fendant qu'à proportion que le coin s'enfonce, soit représenté par R. Lorsque le coin sera enfoncé jusqu'au niveau de son dos C B, les parties du corps R seront écartées de toute la quantité représentée par la base, ou par le dos du coin C B, & les espaces que la puissance & la résistance auront parcourus dans le même temps, seront entre eux, comme la hauteur A B est à la base B C de l'instrument. Leurs efforts pourront donc être représentés par les produits de leurs masses, par leurs vîtesses, ou par les espaces qu'ils auront parcourus, & conséquemment l'effort de la puissance sera représenté par le produit de sa masse multipliée par A B, & celui de la résistance, par le produit de la sienne, multipliée par B C. Or, en supposant qu'il y ait équilibre entre l'une & l'autre, on aura la proportion, la puissance est à la résistance, comme la base B C est à la hauteur A B.

Pl. 7, fig. 4.

Analogie pour le coin double.

(338) On trouvera encore la même ana-

Digitized by Google

logie, mais modifiée relativement à la conſtruction de la machine, ſi on fait uſage d'un coin double, au lieu d'un coin ſimple. Suppoſons qu'on ſe ſerve du coin double DCA (plan. 7, fig. 5), compoſé de deux coins ſimples, & que nous ſuppoſons parfaitement égaux CBA, DBA. Or, nous venons de démontrer (337), que la puiſſance qui doit équilibrer la réſiſtance R, à l'aide du coin CBA, doit être à cette réſiſtance, comme la baſe, ou le dos du coin BC, eſt à ſa hauteur BA. Donc, en ſuppoſant une ſeconde réſiſtance *r*, ſemblable à la premiere R, la puiſſance qui voudra équilibrer cette derniere, à l'aide d'un coin ſimple, DBA doit être à cette réſiſtance, comme la baſe BD eſt à la même hauteur BA. On aura donc ici les deux proportions ſuivantes. pl. 7, fig. 5.

La premiere puiſſance eſt à la premiere réſiſtance, comme BC eſt à BA, & la ſeconde puiſſance eſt à la ſeconde réſiſtance, comme BD eſt à BA.

Mais par la ſuppoſition, & par la conſtruction, tous les termes de la premiere proportion ſont égaux aux termes correſpondans de la ſeconde. On aura donc, en doublant l'une ou l'autre de ces deux propor-

Digitized by Google

tions, la ſomme de ces deux analogies, & on dira, la puiſſance totale eſt à la réſiſtance totale, comme le double de BC, ou de BD, eſt au double de BA; mais le double de BC, ou de BD, eſt préciſément la baſe entiere, ou le dos du coin. On aura donc, dans le cas d'équilibre, & en faiſant uſage d'un coin double, l'analogie ſuivante. La puiſſance eſt à la réſiſtance, comme la baſe ou le dos du coin eſt au double de ſa hauteur.

L'expérience juſtifie, autant qu'il eſt poſſible, cette théorie : mais il faut ſe ſervir, pour cela, de l'appareil de *Muſſenbroek* ou de *Deſaguilliers*, qu'ils ont ſans doute copiés d'après celui du célebre *Sgraveſande*, qu'on regarde, à juſte titre, comme le pere de la Phyſique expérimentale. Nous avons fait ſuffiſamment connoître cet appareil dans notre Ouvrage intitulé (*Deſc. & uſ. d'un Cab. de Phyſ. t. 1, pl. XVI, fig. 2*). Nous obſerverons ſeulement ici, pour éviter toute équivoque, que dans l'uſage de cet inſtrument que nous avons ſuccinctement expoſé dans le même Ouvrage, nous nous ſommes ſervis du terme de *longueur*, pour exprimer la hauteur du coin ; ce qui pourroit faire une équivoque fautive, quoiqu'on ſoit aſſez

Digitized by Google

dans l'uſage de ſe ſervir indifféremment de ces deux expreſſions ; mais ce qui n'eſt nullement exact, en ſuivant les définitions que nous avons données des parties de cet inſtrument (334).

Il ſuit de la théorie précédente, que plus le coin ſera aigu, c'eſt-à-dire, plus ſa baſe ſera étroite, toutes choſes égales d'ailleurs, plus la puiſſance tirera de ſecours de cette machine.

(339) Quoique l'expérience juſtifie, autant qu'il eſt poſſible, la théorie que nous avons expoſée, on ne peut néanmoins diſconvenir que cette théorie ne ſoit encore bien imparfaite, & qu'il n'eſt guere poſſible d'eſtimer avec une certaine préciſion, ce qu'on peut attendre d'un coin donné. Obſervation.

Lorſqu'on emploie cette machine à deſſein de ſéparer les parties de différens corps, il n'eſt guere poſſible d'apprécier l'effort de la réſiſtance. Cette réſiſtance, en effet, vient de la ténacité des parties, & cette tenacité varie d'une quantité prodigieuſe de manieres. Elle dépend de la nature des corps, de leur conformation, de leur figure, & de mille accidens qu'il n'eſt pas toujours poſſible de connoître & d'eſtimer exactement. Joignez à ces

Digitized by Google

difficultés, celle qu'on doit éprouver, lorſqu'il s'agit de déterminer l'effort de la percuſſion qu'on emploie aſſez communément pour chaſſer & faire avancer un coin, & on ne ſera pas ſurpris du défaut de conformité qu'on trouve, non-ſeulement dans les opinions des Méchaniciens, mais encore dans les réſultats des expériences que pluſieurs ont tentées pour établir la théorie de cette machine.

Applications. (340) On doit rapporter au coin & à ſes propriétés les avantages qu'on retire de tous les inſtrumens tranchans. Ce ſont autant de coins dont la baſe, la forme & la dureté ſont proportionnées à la réſiſtance contre laquelle ils doivent agir, & à la puiſſance qui doit en faire uſage.

Le couteau. Parmi ces différens inſtrumens, il y en a pluſieurs qui agiſſent de deux manieres. Le couteau, par exemple, non-ſeulement s'appuie, mais il gliſſe encore ſur le corps qu'il doit couper. Par ſa preſſion, il fait l'office de coin, & par le mouvement qu'on lui donne, il fait la fonction de ſcie. On conçoit, en effet, que quoique ſon tranchant ſoit fort aigu, toutes les parties de ce tranchant ne ſont point rangées dans la même ligne, ainſi

Digitized by Google

qu'on en jugera aiſément, ſi on le conſidere avec une forte loupe.

Lorſque les inſtrumens tranchans font ainſi l'office de ſcie, il n'eſt pas néceſſaire de les preſſer auſſi fortement contre les corps qu'on veut diviſer. C'eſt pour cette raiſon que dans les opérations de Chirurgie, on préfere, autant qu'on le peut, le biſtouri aux ciſeaux, qui ne coupent qu'en preſſant & en ſerrant fortement la partie qu'on veut couper; ce qui occaſionne une douleur plus ſenſible au malade, & pourroit, en bien des circonſtances, produire des contuſions qu'on doit éviter autant qu'il eſt poſſible.

On eſt ſi perſuadé que l'effet du couteau & des autres inſtrumens de cette eſpece, dépend principalement du mouvement par lequel on le fait gliſſer ſur le corps qu'on coupe, qu'on voit tous les jours des gens qui ſe font un jeu de frapper fortement le tranchant d'un couteau, avec la paume de la main.

Quoique la dureté de la peau puiſſe réſiſter, juſqu'à un certain point, à l'effort du coin qu'on met alors en jeu, il n'eſt cependant pas moins imprudent de s'expoſer à cette épreuve. Il peut ſe faire que le coup

Digitized by Google

ſurmonte la réſiſtance de la peau, & on ſe met dans le cas de ſe bleſſer, par l'effort du coin qui peut l'entamer.

L'action des corroſifs ſe rapporte encore au coin.

(341) On peut encore concevoir aiſément que l'action de certains poiſons, & des corroſifs, ſur le corps humain, doit ſe rapporter à l'effet du coin. Le microſcope nous fait voir que les parties de ces différens corps, ſont autant de petits coins qui déchirent les foibles membranes ſur leſquelles elles agiſſent. On conçoit pareillement pour quelle raiſon la Nature a donné aux dents & aux ongles des animaux, la figure que nous leur connoiſſons. On ſent également que le bec, dans les oiſeaux, les cornes, dans pluſieurs animaux, ne peuvent point avoir une conformation plus avantageuſe & plus propre aux uſages auxquels ils ſont deſtinés, que cette forme pointue, à l'extrémité d'une large baſe, qui en fait autant de coins différens.

Digitized by Google

ARTICLE HUITIEME.

De la Vis.

(342) La *vis* eſt un cylindre ſur lequel tourne, en forme de ſpirale, un plan également incliné à toute la longueur de l'axe du cylindre. Il y a donc deux choſes à conſidérer dans une vis, ſon *filet* & ſon *pas*. Le filet de la vis eſt une révolution du plan autour du cylindre. Le pas eſt la diſtance qui ſépare un filet de celui qui le précede, ou qui le ſuit. Définition.

En conſidérant la vis comme un plan incliné mené autour d'un cylindre, chaque révolution du plan, ou chaque filet de la vis détermine la longueur du plan incliné, & le pas déſigne la hauteur du même plan.

On démontre cette vérité, en développant un filet de vis A B (plan. 7, fig. 6), fait avec du vélin, qu'on tourne ſur un cylindre C D. On voit alors que la ligne A E, qui meſure le pourtour, repréſente le filet de la vis, & que la ligne A B, parallele à l'axe du cylindre, repréſente le pas; enfin on re- Pl. 7, fig. 6.

Digitized by Google

marque que le développement de l'un & de l'autre donne un plan incliné, dont la hauteur eſt A B, & la longueur A E.

L'écrou. Un cylindre enveloppé d'un plan ſpiral, conſerve le nom de vis. On l'appelle *écrou*, lorſque ce plan ſpiral eſt renfermé dans le contours d'un trou, de façon que les pas de la vis puiſſent s'engager ſucceſſivement entre les plans creuſés dans le contour du trou.

Uſage de la vis. (343) Il faut néceſſairement deux vis dans le ſervice de cet inſtrument, c'eſt-à-dire, qu'il faut employer conjointement une vis & un écrou, & il faut que l'une des deux parties ſoit fixe. Cette machine ſert à preſſer fortement un corps, à l'élever, ou à le pouſſer.

En ſuppoſant que la vis ſoit mobile, de quelque maniere qu'on s'en ſerve, ſa tête eſt toujours armée d'un levier, à l'extrémité duquel la puiſſance s'applique. On ſera convaincu de cette vérité, en conſidérant, par exemple, l'étau d'un Serrurier, dont la vis ſe meut & tourne dans ſon écrou, par le moyen d'une cheville de fer, qui traverſe la tête de la vis. Si ce levier eſt moins ſenſible dans les autres machines, on concevra cependant aiſément, en réfléchiſſant ſur leur

Digitized by Google

ſtructure, que la tête de la vis eſt plus groſſe que le cylindre ſur lequel elle eſt creuſée. Cet excès de groſſeur forme un levier auquel la puiſſance eſt appliquée. S'il eſt des cas où la groſſeur de la tête excede à peine la groſſeur du cylindre, cette tête porte alors une rainure, dans laquelle on applique la palette d'un tourne-vis, dont le manche fait l'office de levier. On aura donc, pour le cas d'équilibre entre la puiſſance & la réſiſtance, l'analogie ſuivante. La puiſſance eſt à la réſiſtance, comme la hauteur du pas de la vis, eſt à la circonférence que décrit l'extrémité du levier, à laquelle la puiſſance eſt appliquée.

Analogie pour le cas d'équilibre.

On conçoit, en effet, que tandis que la puiſſance, appliquée à l'extrémité du levier qu'elle conduit, décrit une circonférence de cercle, dont le rayon eſt égal à la longueur du levier, priſe depuis l'axe du cylindre de la vis, la réſiſtance parcourt un eſpace égal à la hauteur du pas de cette vis.

Les vîteſſes de la puiſſance & de la réſiſtance, ſont donc entre elles, comme la circonférence du cercle que nous venons d'indiquer, eſt au pas de la vis. Il faut donc, pour qu'il y ait équilibre, que leurs maſſes, ou mieux, leurs efforts ſoient en raiſon réci-

Digitized by Google

proque de leurs vîteſſes, & conſéquemment que la puiſſance ſoit à la réſiſtance dans la proportion indiquée.

Autre maniere de conſidérer la vis.

(344) On peut encore conſidérer la vis comme un coin ſimple, puiſque ce dernier n'eſt point différent d'un plan incliné. Or, de même que l'effet du coin peut être augmenté par la percuſſion, comme il eſt aſſez d'uſage, lorſqu'il s'agit, par exemple, de fendre du bois, de même l'effet de la vis peut être augmenté par une eſpece de percuſſion : c'eſt ce qu'on remarque dans les arts, mais ſur-tout dans le balancier qui ſert à frapper la monnoie.

La tête de la vis qui ſert à marquer la piece, eſt conduite par un volant très-long, chargé de poids à ſes extrémités. Le poids de ce volant, comme l'obſerve très-bien le D. *Deſaguilliers* (1), deſcend par un mouvement accéléré, mais ſur un plan ſpiral incliné, & ſurmontant, par ce moyen, le frottement des filets de la vis, à meſure qu'elle deſcend, il pouſſe l'extrémité de cette vis avec une très-grande force contre le

(1) Deſaguilliers, Cours de Phyſ. exp. t. 1.

corps

Digitized by Google

corps qui doit être preſſé ; de-là l'empreinte que la piece reçoit.

Frottement entre les filets.

(345) Lorſque les filets d'une vis s'engagent entre ceux de ſon écrou, dans ce cas, deux, trois, & ſouvent un plus grand nombre de ces filets, ſe touchent immédiatement, & par de très-grandes ſurfaces. Or, comme les parties qui ſupportent une grande preſſion, s'appliquent fortement les unes aux autres, & que les inégalités des unes s'engrainent entre les inégalités des autres, quoique les parties ſoient lubréfiées avec de l'huile ou du ſavon, pour conduire plus facilement la vis, le frottement devient néanmoins très-conſidérable, & il faut une puiſſance beaucoup plus grande que celle que nous avons indiquée, pour vaincre le frottement. Outre cela, les filets de deux vis étant engagés les uns entre les autres, ils s'oppoſent à ce que la vis retourne ſur ſes pas, & ce n'eſt point un petit avantage dans le ſervice de ces machines. La puiſſance peut lâcher priſe, & elle n'eſt point obligée de faire un effort continuel pour contenir les corps qu'elle preſſe, ou qu'elle ſerre par le moyen d'une vis.

De la vis d'Archimede.

(346) Nous ne paſſerons point ici ſous

ſilence une eſpece de vis particuliere, dont la célébrité eſt connue depuis ſi long-temps en Phyſique. On reconnoît à ce ſeul expoſé, la fameuſe vis d'*Archimede*, ainſi nommée du nom de ſon inventeur, nonobſtant la réclamation de M. *Perrault*, qui prétend (1) qu'elle fut long-temps en uſage avant *Archimede*, & que les Egyptiens s'en ſervoient pour deſſécher des prairies inondées par le débordement du Nil.

Cette vis n'eſt, à proprement parler, qu'un tuyau flexible conduit circulairement & obliquement à l'axe d'un cylindre diſpoſé lui-même obliquement dans un baſſin. L'une des extrémités de ce tuyau plonge dans l'eau dont le baſſin eſt rempli, & dès qu'on fait tourner le cylindre, l'eau s'éleve dans le tuyau, ſuit les pas de vis qu'il préſente, & parvenue à l'autre extrémité, elle ſe dégorge dans le même baſſin, ou dans un réſervoir deſtiné à la recevoir.

Uſage de cette vis.

On fait un fréquent uſage de cette vis en Hollande. Elle ſert à deſſécher les marais; mais on ne pourroit l'appliquer auſſi favorablement en tout autre endroit, où il s'agiroit

(1) Perrault, remarq. ſur Vitruve.

Digitized by Google

d'élever l'eau à une grande hauteur, parce que l'inclinaison qu'on est obligé de donner au cylindre, le rendroit alors trop long, & il seroit en danger de plier sous son propre poids, & sous celui de l'eau dont il seroit chargé. Cette machine d'ailleurs ne produit qu'un très-petit effet. Elle ne peut se dégorger & vuider une partie de l'eau dont elle est remplie, que pendant un quart au plus de sa révolution. On perd donc nécessairement dans le service de cette machine, les trois quarts du temps pendant lequel on la fait agir. Ajoutez à cet inconvénient, qu'elle ne se dégorge point à plein canal, parce qu'outre l'eau qui s'éleve dans cette vis, il s'éleve encore avec elle une masse d'air qui circule dans la vis, occupe une portion de son canal, & se dégorge avec l'eau.

M. *Paucton* parvint cependant, il y a quelques années (1), à lui donner une autre forme plus avantageuse, & à faire en sorte qu'elle montât & qu'elle dégorgeât, toutes choses égales d'ailleurs, une plus grande quantité d'eau. Mais malgré ce nouveau degré de perfection, le peu d'usage que nous pou-

(1) Paucton, Théorie de la vis d'Archimede.

Digitized by Google

vons faire de cette ingénieuſe machine, nous diſpenſe de nous étendre davantage ſur ſa conſtruction. On peut conſulter, à cet égard, l'Ouvrage de M. *Pauchon*, & la deſcription que nous avons donnée de la vis d'*Archimède* ordinaire, (*Deſc. & uſ. d'un Cab. de Phyſ. t. 2, plan. XVI, fig. 4*).

Quant à la théorie de cette vis, M. *Pauchon* prétend qu'elle ne produit d'autre effet que celui d'un cabeſtan & d'un coin, & il s'éloigne, en cela, de l'idée la plus univerſellement adoptée par les Méchaniciens, qui prétendent que ſon effet dépend de la diſpoſition des hélices de cette vis, qu'on regarde comme autant de plans inclinés qui ſe ſuccedent, & ſur leſquels l'eau deſcend continuellement, à proportion qu'elle s'éleve vers le haut de la machine. On trouvera cette théorie plus particuliérement développée que partout ailleurs, dans l'excellent Ouvrage du P. *Bellegrado* (1).

L'expérience paroît même la confirmer d'une maniere très-ſimple & très-facile à ſaiſir, lorſqu'on fait uſage d'une vis d'*Ar-*

(1) Bellegrado, théor. cochleæ Archim. ab obſer. exper. & analyſi ducta.

Digitized by Google

chimede, dont les hélices ſont à jour, & dans laquelle on fait monter une boule de métal. Nous avons donné la conſtruction & la maniere de ſe ſervir de cette machine, (*Deſc. & uſ. d'un Cab. de Phyſ. t. 2, plan. XVI, fig. 5*).

ARTICLE NEUVIEME.

Des Machines compoſées.

(347) Les machines compoſées réſultent, comme nous l'avons déja obſervé (265), de l'aſſemblage plus ou moins multiplié des machines ſimples. Quoique le nombre de ces ſortes de machines ſe multiplie tous les jours, la connoiſſance des machines ſimples ſuffit pour juger de l'avantage qu'on doit attendre de la machine la plus compoſée. Nous nous bornerons donc à donner ici une légere idée de ces ſortes de machines.

Multiplication des leviers.

On peut multiplier le levier, la premiere des machines ſimples, & on peut le multiplier de différentes manieres, & l'avantage qu'on en retirera, croîtra à raiſon de ſa multiplication. Nous allons en donner quelques exemples.

Digitized by Google

Soit une combinaison de leviers du premier genre, telle que nous l'avons représentée (*Desc. & us. d'un Cab. de Phys. t. 2, plan. XVI, fig. 6*), & telle qu'on peut en
Pl. 7, fig. 7. juger par les lignes *a b*, *a b*, *a b* (plan. 7, fig. 7), mobiles sur leur point d'appui *r*, *r*, *r*, & de façon que chaque bras *a r*, soit quatre fois plus petit que le bras opposé *r b*; on aura alors trois leviers du premier genre, tellement combinés entre eux, que le mouvement de l'un occasionnera nécessairement le mouvement des deux autres, & qu'une puissance P comme 1, appliquée à l'extrémité *b* du troisieme, tiendra en équilibre une résistance R, comme 64, suspendue à l'extrémité la plus courte *a* du premier levier. Pour sentir tout l'avantage de cette construction, ne considérons d'abord que le premier levier. La longueur de ses bras est dans le rapport de *a r* à *r b*; c'est-à-dire, dans le rapport de 1 à 4. Si on suppose donc que la puissance soit appliquée à l'extrémité *b* du plus long de ces deux bras, elle sera en équilibre avec la résistance, si leurs masses sont en raison réciproque de leurs distances au point d'appui *r*. Une masse comme 1, appliquée en *b*, tiendra donc en équilibre une masse comme 4,

Digitized by Google

suspendue en *a*. La queue *b* du premier levier, n'agit donc contre l'extrémité *a* du second levier, qu'avec un quart de la force totale de la résistance R. Mais ce levier est construit comme le premier ; son bras *a r* n'est que le quart de la longueur du bras *r b*. Donc la puissance appliquée à l'extrémité *b* de ce second levier, n'aura à contrebalancer que le quart de l'effort qui se fait sentir à l'extrémité *a* de l'autre bras, & conséquemment qu'un seizieme de la résistance totale R. On obtiendra le même avantage à l'extrémité *b* du troisieme levier, puisque les bras *a r* & *r b* sont dans la même proportion. La puissance appliquée en *b*, extrémité du troisieme levier, n'aura donc que le quart du seizieme, ou un soixante & quatrieme du poids R à équilibrer, & conséquemment une puissance d'une livre appliquée à l'extrémité *b* du troisieme levier, tiendra en équilibre une résistance R de soixante & quatre livres appliquée à l'extrémité *a* du premier levier.

Regle générale pour les machines composées.

(348) *En général, il y aura toujours équilibre entre une puissance & une résistance qui agiront l'une contre l'autre, à l'aide d'une machine composée, lorsque la puissance sera à la résistance en raison composée de*

Digitized by Google

tous les rapports qui doivent se trouver entre l'une & l'autre, dans chacune des machines simples qui constituent une machine composée.

On peut donc dire, par rapport au levier composé dont nous venons de parler, que la puissance doit être à la résistance, comme le produit des plus courts bras de ces leviers est au produit des plus longs bras de ces mêmes leviers; ce qui s'accorde parfaitement avec ce que nous venons de démontrer. Chacun, en effet, des petits bras de ces leviers étant représenté par 1, leur produit sera celui d'un multiplié deux fois de suite par lui-même, & conséquemment sera 1. Les longs bras de chacun de ces leviers étant représentés par 4, leur produit sera égal à celui de quatre multiplié deux fois de suite par lui-même, & conséquemment égal à 64. La puissance doit donc être à la résistance, comme 1 est à 64, ainsi que nous l'avons démontré.

Des roues dentées.

(349) On doit encore regarder les roues dentées, comme une combinaison de leviers du premier genre. Prenons-en pour exemple celles que nous avons décrites (*Desc. & us. d'un Cab. de Phys. t. 2, pl. XVI, fig. 9*).

Digitized by Google

Cet appareil est composé de trois roues. La premiere est unie à un treuil sur lequel s'enveloppe la corde qui porte la résistance, & le diametre de ce treuil, n'est que le quart de celui de la roue dentée qui le conduit. Cette roue engraine dans le pignon de la seconde, & ce pignon n'a encore que le quart du diametre de cette seconde roue. Celle-ci engraine dans le pignon d'une troisieme qu'elle mene, & on remarque la même proportion entre les diametres de ce pignon & de la troisieme roue. Cette derniere n'est point dentée, mais sa circonférence porte un tambour sur lequel s'enveloppe la corde à laquelle la puissance est attachée. Or, d'après la regle générale que nous venons d'établir, on aura équilibre entre la puissance & la résistance, qui agiront l'une contre l'autre, par le moyen de cette machine, si la puissance est à la résistance, comme le produit du diametre des pignons, y compris le treuil, est au produit du diametre des roues, ou comme 1 est à 64; puisque les diametres du treuil & des pignons étant représentés par l'unité, leur produit est égal à 1, & le diametre de chaque roue étant représenté par 4, leur produit doit être égal à 64. On confirmera

cette analogie, en suivant pareillement ici l'avantage que chaque roue procure à la puissance. Appliquée sur la denture de la premiere roue, elle n'aura à contrebalancer que le quart de la résistance totale, puisque le diametre de cette roue, étant quadruple du diametre du treuil, fait précisément l'office d'une roue de carriere, dans laquelle la puissance doit être à la résistance, comme le rayon, ou le diametre du treuil, est au rayon, ou au diametre de la roue. Le pignon de la seconde roue n'éprouve donc qu'un quart de l'effort qui se fait sentir sur le treuil de la premiere, & conséquemment la puissance étant appliquée sur la denture de la seconde roue, dont le diametre est pareillement quadruple de celui de son pignon, elle n'a à équilibrer que le quart de l'effort qui se fait sentir sur ce pignon, ou un seizieme de la résistance totale. La lanterne, ou le pignon de la troisieme roue, n'éprouve donc que le seizieme de l'effort que porte le treuil de la premiere roue; mais la troisieme ayant pareillement un diametre quadruple de celui de son pignon, la puissance appliquée sur la circonférence de la troisieme roue, ne doit équilibrer que le quart du seizieme, ou le

Digitized by Google

soixante & quatrieme de la résistance totale ; ce qui s'accorde parfaitement avec la regle générale.

(350) Veut-on confirmer encore, par une expérience fort simple la certitude de cette analogie, & faire voir qu'elle s'accorde parfaitement avec la théorie générale de *Descartes*, qui prétend que la puissance gagne d'autant plus d'avantage contre la résistance, qu'elle parcourt un plus grand chemin, dans le même temps que la résistance en parcourt un plus petit ; il ne s'agit que d'appliquer à l'extrémité de la corde qui s'enveloppe sur le tambour, un poids suffisant pour rompre l'équilibre entre la puissance & la résistance, & pour vaincre le frottement du rouage. Ce poids représentera la puissance : or, si on l'abandonne à lui-même, il se précipitera de haut en bas, il entraînera le rouage, & il fera monter la résistance, en faisant envelopper sur le treuil la corde à laquelle cette résistance est suspendue. Si on mesure, lorsque l'opération sera finie, la quantité de corde que la puissance aura dévidée, & qu'on la compare à la quantité de chemin que la résistance aura parcouru dans le même temps, on verra, dans la construction que nous venons d'in-

Application de la théorie de Descartes, aux roues dentées.

Digitized by Google

diquer, que la puissance aura parcouru soixante & quatre fois plus de chemin.

De l'avantage des grandes sur les petites roues, dans les voitures.

(351) En général, plus le diametre des roues augmentera, toutes choses égales d'ailleurs, moins la puissance aura d'effort à faire pour contrebalancer la résistance, & cette regle, applicable à tous les cas, se fait encore observer d'une maniere assez sensible dans les voitures à quatre roues, parmi lesquelles celles de devant ont beaucoup moins de diametre que celles de derriere. Les chevaux qui tirent la voiture ont beaucoup moins d'effort à faire, lorsqu'il s'agit de surmonter un obstacle qui se trouve au-devant des grandes roues, que lorsque cet obstacle se présente devant les petites.

Pl. 7, fig. 8. Soit, en effet, la ligne T T (plan. 7, fig. 8), représentant le terrein sur lequel les deux roues Z & Y se meuvent. Supposons un obstacle, ou une petite élévation D B P, qui se rencontre au-devant des roues : que la direction de la puissance qui tire la grande roue, soit désignée par C F. La charge de la voiture, que nous supposerons réunie en C sur l'axe de la roue, agit selon la direction C A, éloignée du centre du mouvement B, de la quantité A B. Il faut donc, pour que la puissance agissant en F, selon la direction C F,

Digitized by Google

faire mouvoir la roue, soit à la charge que la roue porte en A, comme AB est à BE, perpendiculaire menée du centre du mouvement sur la direction de la puissance.

Pareillement la puissance qui fait mouvoir la petite roue, étant supposée en G, & agissant selon la direction GI, parallele à la premiere, elle ne peut produire son effet contre la résistance que nous concevons agir sur le point S, éloigné du centre B du mouvement de la quantité SB, qu'elle ne soit à cette résistance, comme SB est à *Bo*, perpendiculaire tirée pareillement du centre du mouvement sur la ligne de direction GI. Or, la raison de AB à BE, ou AC, son égal, est plus petite que la raison de SB à *Bo*, ou SI, son égal. L'angle, en effet, BCA est plus petit que l'angle BIS. Le sinus du premier est donc plus petit que le sinus du second, & conséquemment, la raison de AB à BE, plus petite que celle de SB à *Bo*. La puissance a donc moins d'effort à faire pour surmonter le même obstacle avec la grande, qu'avec la plus petite des deux roues.

La petite, en effet, toutes choses égales d'ailleurs, s'enfonce plus profondément que la grande dans les inégalités du terrein. Il

Digitized by Google

faut donc l'élever plus haut que la grande ; pour la faire avancer ; & l'expérience justifie parfaitement cette vérité, lorsqu'on fait mouvoir deux roues de diametres différens sur une même aspérité factice, propre à céder à l'impression des roues. La petite la creuse davantage que la grande, & on voit qu'il faut employer plus de force pour faire passer la petite par-dessus, que pour faire passer la grande.

Expérience qui confirme cette vérité.

Les voitures angloises, dans lesquelles on augmente le diametre des petites roues, & dans lesquelles on les rapproche assez du diametre des grandes, ont donc plus d'avantage que les nôtres, sur-tout lorsqu'il s'agit de voyager dans des terreins gras ou raboteux. Elles sont, par cela même, moins faciles à verser.

Du cric.

(352) On doit encore rapporter aux roues denteés, & conséquemment à la multiplication de leviers, une machine très-industrieuse, & dont on fait un fréquent usage pour soulever des fardeaux. Cette machine est connue sous le nom de *cric*. Nous l'avons suffisamment fait connoître par la description que nous en avons donnée (*Desc. & us. d'un Cab. de Phys. t. 1, plan. XVII, fig. 1.*). C'est un levier de fer denté, comme une crémaillere, qu'on

Digitized by Google

fait monter ou descendre à l'aide d'un pignon qui engraîne dans les dents du levier. Ce pignon est conduit par une roue dentée, & cette dernière est elle-même mise en mouvement par un autre pignon tourné par une manivelle attachée sur son arbre. A l'aide d'une machine de cette espece, un homme de force ordinaire est en état de soulever un fardeau de deux milliers.

Supposons, en effet, que le bras de la manivelle que cet homme conduit, & qui représente le rayon d'une roue, ait quinze pouces de longueur : que le pignon fixé sur le même arbre, ait deux pouces de diametre, & conséquemment un pouce de rayon : que la roue avec laquelle il engraine, ait six pouces de rayon, & que le pignon que cette roue fait tourner, ait quatre pouces de diametre, ou deux pouces de rayon. En appliquant ici la regle que nous avons établie précédemment, la puissance sera à la résistance, comme le produit des rayons, ou des diametres des pignons, est au produit des rayons, ou des diametres des roues. Or, le produit des diametres des pignons, sera égale à 2, produit du premier pignon, dont le rayon est 1, par le second, dont le rayon est 2. Le produit

Digitized by Google

des rayons des roues sera égal à 90, produit du bras de la manivelle, par le rayon de la roue du milieu : la puissance sera donc à la résistance, comme 2 est à 90, ou comme 1 est à 45. Mais un homme d'une force ordinaire, peut aisément exercer un effort de 50 livres contre une manivelle qu'il conduit. L'effort total de la puissance contre la résistance, dans l'hypothèse présente, sera donc égal au produit de 50 par 45, c'est-à-dire, que la puissance sera en état d'équilibrer une résistance de 2250 livres.

Roue de M. de la Garoſſe.

(353) On voit encore une multiplication de leviers très-ingénieuse, dans une espece de roue de carrieres, imaginée anciennement par M. *de la Garoſſe*, à dessein de favoriser davantage la puissance, & de diminuer le nombre des Ouvriers qu'on a coutume d'employer au service de ces sortes de machines.

Au lieu d'une roue ordinaire à chevilles, appliquée à l'une des extrémités du treuil, M. *de la Garoſſe* se sert d'une roue dentée X (plan. 8, fig. 1). Une bascule A C, conduite par le levier A B, engraine successivement dans chacune des dents de la roue, la pousse & la fait tourner. Cette

Pl. 8, fig. 1.

roue

roue est retenue continuellement en situation, par un cliquet *c d*.

On conçoit facilement tout l'avantage qu'on peut attendre de cette machine, & que cet avantage devient d'autant plus grand, que le levier A B est plus long. On doit, en effet, considérer ce levier comme un prolongement du rayon de la roue. Ainsi, dans le cas d'équilibre, la puissance doit être à la résistance, comme le rayon du treuil est au rayon de la roue, augmenté de toute la longueur du levier. Or, cette addition peut augmenter considérablement la longueur du rayon de la roue; & il ne doit point paroître surprenant, qu'à l'aide d'une pareille machine, un homme de moyenne force soit en état de soulever une masse énorme.

(354) Mais on ne doit point perdre de vue, & c'est particuliérement ici qu'il faut se rappeller, qu'à proportion que la puissance gagne de la force, elle perd du temps. Plus le levier A B sera long, plus l'arc que son extrémité B aura à décrire, sera grand, & plus la puissance emploiera de temps à le lui faire décrire. Or, à chaque arc que le levier parcourt en descendant, il n'y a qu'une seule dent de la roue qui échappe du cliquet, & Inconvénient de cette machine.

elle ne peut faire une révolution entiere, que toutes les dents ne se soient successivement échappées. La révolution de la roue devient donc d'autant plus lente, que le levier qui la mene est plus long. Ajoutez à ce désavantage celui du temps perdu; car on conçoit facilement, d'après la construction de la machine, que la roue ne se meut précisément que pendant le temps que la puissance décrit un arc en descendant. On pourroit cependant obvier à ce dernier inconvénient, & faire que la roue fût continuellement en mouvement. Un Méchanicien très-industrieux, me fit voir, il y a quelques années, une méchanique très-simple qui produisoit cet effet: mais malgré cette correction, le service de cette machine est trop lent dans les circonstances où l'on pourroit en tirer le meilleur parti, & on l'a toujours abandonnée, quelqu'ingénieuse qu'elle soit.

Du pont-levis.

(355) Le *pont-levis* est encore une machine composée de leviers, mais dans laquelle la puissance ne trouve pas le même avantage que dans les leviers composés dont nous avons parlé jusqu'à présent. Nous en donnerons une légere idée; & pour faire observer cette différence, & en même temps

Digitized by Google

pour faire connoître plus particuliérement une machine qui nous rend de très-grands services, & à la méchanique de laquelle on fait communément peu d'attention.

Ces sortes de pont sont simples ou composés, relativement à la largeur des fossés qu'ils doivent couvrir. De quelque espece qu'ils soient, leur construction est toujours la même; quant à ce qu'on appelle proprement le *pont-levis.* Celui auquel il est joint, en certaines circonstances, & qui le rend composé, est un *pont-dormant*, tel qu'on le voit en ST (plan. 8, fig. 2). Pl. 8, fig. 2.

Celui qu'on appelle strictement pont-levis, est composé d'un levier du second genre AE, & d'un double guindal FKLG. Le parquet AE, qui fait l'office de levier du second genre, est mobile sur deux gonds, l'un fixé en A, & l'autre au côté opposé. Ces deux gonds roulent dans deux coquilles solidement arrêtées sur deux pilotis. Aux extrêmités du parquet, sont attachées deux chaînes qui se joignent aux bouts du double guindal, réuni par les solives GH, IM.

Le centre de gravité du parquet étant communément situé vers sa partie moyenne C, on conçoit que si le guindal formoit un

Digitized by Google

levier du premier genre, dont les deux bras fussent égaux, la puissance appliquée en P, qui se propose d'élever le parquet ou le pont-levis, devroit être à la résistance, ou au poids du parquet réuni à son centre de gravité C, comme AC est à AE. Il faudroit donc que la puissance exerçât une force considérable en P, pour soulever le parquet, composé ordinairement de gros madriers & de chevrons. Il étoit donc important, pour soulager la puissance, & lui donner plus de facilité dans le service de cette machine, d'augmenter sa force, en faisant concourir avec elle le poids de la partie FHIG du double guindal. C'est aussi pour cette seule raison, que, dans la pratique, on fait cette portion beaucoup plus longue & plus pesante que les autres parties HK, IL, & communément on la construit de maniere qu'elle est en équilibre non-seulement avec ces deux dernieres parties, mais encore avec les chaînes & avec le poids que le parquet fait sentir au point C. Par-là, la moindre puissance est en état de soulever la machine, & de lui faire produire son effet.

De la vis sans fin.

(356) La vis sans fin est une espece de vis dont l'arbre tourne continuement dans

Digitized by Google

le même sens. Cette vis engraine dans les dents d'une roue qu'elle conduit, & l'arbre de cette roue porte un treuil sur lequel s'enveloppe la corde qui soutient le fardeau. La puissance qui fait agir cette machine, est ordinairement appliquée à une manivelle fixée sur l'arbre de la vis (*Desc. & us. d'un Cab. de Phys. t. 2, pl. XVII, fig.* 2). On peut facilement démontrer l'avantage de cette machine, en y appliquant la regle générale que nous avons établie précédemment (348); mais nous préférons la méthode suivante, parce qu'en décomposant la machine, on suivra plus facilement notre démonstration.

Il y a toujours équilibre entre une puissance & une résistance qui agissent l'une contre l'autre, à l'aide d'une machine quelconque, lorsque leurs masses sont en raison réciproque de leurs vîtesses, ou des espaces qu'elles parcourent dans le même temps. Avantage de cette machine.

Supposons donc que le treuil de cette machine ait un pouce de diametre, ou trois pouces de circonférence, à quelques choses près, le fardeau s'élevera donc de trois pouces de hauteur, à chaque révolution du treuil. Mais comme il est fixé sur le même arbre que la roue, il ne pourra faire une ré-

Digitized by Google

volution, que cette roue n'en faſſe une pareillement. Il ne s'agit donc ici que de déterminer l'eſpace que la puiſſance ſera obligée de parcourir, pour que la roue faſſe une révolution entiere.

Conſidérons, pour cela, que cette roue étant conduite par une vis ſans fin, chaque tour que fait cette vis, ne fait déſengrainer qu'une ſeule dent de la roue; & conſéquemment, en ſuppoſant que la circonférence de cette roue porte cent dents, il faut néceſſairement que la vis ſans fin faſſe cent tours, pour que la roue & le treuil en faſſe un, & pour que le fardeau ſoit élevé de trois pouces. Or, la vis ſans fin eſt conduite par une manivelle. Suppoſons que le bras de cette manivelle ſoit de deux pouces, afin de garder une proportion entre le treuil & la manivelle. Dans cette ſuppoſition, la puiſſance ſe mouvant à l'extrémité d'un rayon de deux pouces, décrira, à chaque tour, une circonférence de douze pouces. Elle parcourra donc douze cents pouces de chemin dans les cent tours qu'elle ſera obligée de faire, pour élever le fardeau à la hauteur de trois pouces. On aura donc équilibre entre la puiſſance & la réſiſtance, ſi leurs maſſes ſont en raiſon

Digitized by Google

réciproque des espaces qu'elles parcourent dans le même temps, & conséquemment si la puissance est à la résistance dans le rapport de 3 à 1200, ou de 1 à 400. Une puissance d'une livre est donc en état de contrebalancer, dans la construction donnée de cette machine, un fardeau de 400, & conséquemment un homme de moyenne force, pouvant facilement exercer 50 livres d'effort contre une manivelle qu'il conduit, sera en état d'équilibrer, avec une pareille machine, un fardeau de vingt mille livres.

Nous ne nous étendrons point davantage sur les machines composées. Les exemples que nous venons de rapporter, suffisent pour que chacun soit à portée de les décomposer, & de connoître facilement le rapport de la puissance à la résistance dans ces sortes de machines. Nous en avons décrit une particuliere (*Desc. & us. d'un Cab. de Phys. t. 2, pl. XVII, fig. 4*), dans laquelle on a réuni toutes les machines simples. Elle pourra faciliter à ceux qui la consulteront, la maniere de suivre progressivement la composition d'une machine, & de connoître, par parties, les avantages qui suivent de cette composition. Nous ne regardons d'ailleurs

Digitized by Google

cette machine, que comme une machine de pure curiosité; & nous ne conseillons à aucun Méchanicien de compliquer ainsi aucune machine pour augmenter l'avantage de la puissance.

Nous observerons encore, avant de terminer cet article, qu'il est plusieurs machines composées, de la composition desquelles la puissance ne retire pas un grand avantage, mais seulement la faculté d'agir d'une maniere plus commode. On en trouve une preuve dans la *sonette*, autrement dite le *mouton*, dont on fait usage pour enfoncer des pilots, dans les circonstances où on se propose de bâtir sur pilotis. Le billot de bois qu'on nomme le mouton, est élevé par des cordes qui embrassent la circonférence de deux poulies fixes, situées au haut de la machine. Or, d'après la théorie des poulies fixes, on conçoit que la puissance & la résistance sont également éloignées du point d'appui, & conséquemment que la puissance ne tire de cette machine que la faculté d'agir d'une maniere plus favorable. Elle produit néanmoins des effets qui méritent l'attention du Physicien, & que nous exposerons d'une maniere suffisamment étendue dans la (note 5).

Note 5.

ARTICLE DIXIEME.

Des Cordes.

(357) Les cordes ſont d'un ſervice indiſpenſable dans la plupart des machines que nous venons de décrire. La poulie, par exemple, le treuil, le cabeſtan, &c. deviendroient inutiles, ſans le ſecours des cordes qu'on y adapte, ou de quelque choſe d'équivalent, telle qu'une chaîne, qui peut être conſidérée comme une corde, par rapport à ſa longueur & à ſa flexibilité qui la rendent propre aux mêmes uſages.

Propriétés des cordes qui influent ſur leur ſervice.

Si l'application d'une corde ne change rien à la conſtitution d'une machine; ſi elle n'influe en rien ſur les rapports que nous avons indiqués précédemment, entre la puiſſance & la réſiſtance, qui agiſſent l'une contre l'autre, dans une machine donnée, elles méritent néanmoins toute l'attention du Méchanicien qui les emploie. Leur poids, leur roideur, quelquefois même leur flexibilité, ſont autant d'obſtacles particuliers qui ſe joignent à la réſiſtance qu'on veut vaincre.

Leur poids.

Dans la poulie fixe, par exemple, deſtinée

Digitized by Google

à changer la direction de la puiſſance, le poids de la corde dont on ſe ſert, doit néceſſairement entrer dans l'eſtimation du fardeau qu'on ſe propoſe de ſoulever, & ce poids ne doit point être négligé en quantité de circonſtances.

Conſidérant, en effet, cette corde comme un cylindre, ſon poids croît comme le quarré de ſon diametre augmente; c'eſt-à-dire, qu'il devient quadruple, toutes choſes égales d'ailleurs, lorſque la corde eſt une fois plus groſſe, & qu'il devient neuf fois plus grand, lorſque la corde eſt triple en groſſeur, ſa longueur reſtant la même.

Leur roideur. La roideur d'une corde doit encore, en certains cas, entrer pour beaucoup dans l'eſtimation de la réſiſtance. Plus elle eſt roide, toutes choſes égales d'ailleurs, plus elle réſiſte à l'effort qu'on fait pour la plier ſur un cylindre, & cette difficulté augmente à raiſon du tors qu'on a donné à la corde, à raiſon de ſon diametre, & de celui du cylindre ſur lequel on veut la plier.

Leur flexibilité. Sa flexibilité devient encore quelquefois un obſtacle de plus à ſurmonter. Il arrive communément, lorſqu'on veut tirer un fardeau parallelement, ou obliquement à l'ho-

Digitized by Google

rison, en le faisant monter sur un plan incliné, que la corde, étant d'une certaine longueur, cede sous son propre poids, & affecte une courbe, qui l'éloigne plus ou moins de sa direction parallele. Elle change alors la direction de la puissance, & elle lui en fait prendre une autre, d'autant moins favorable, qu'elle la fait agir plus obliquement. On ne peut donc étudier avec trop de soin les qualités & la position des cordes qu'on est obligé d'employer dans le service des machines, puisqu'elles influent si sensiblement sur l'effort que la puissance est obligée de faire pour surmonter la résistance.

Du tors qu'on donne aux cordes.

(358) Les cordes sont composées de plusieurs brins de ficelle, elle-même formée de plusieurs filamens de chanvre, que le Cordier tord plus ou moins. La qualité de la corde dépend donc originairement de celle du chanvre qu'on emploie dans la fabrique de la ficelle. Mieux ce chanvre est préparé, moins il est ébauché, & plus la ficelle est propre à l'usage auquel on la destine.

La qualité de la corde, toutes choses égales d'ailleurs, relativement au chanvre & à la ficelle, dépend du tors qu'on donne à la ficelle. Plus elle devient roide par le

Digitized by Google

tors qu'on lui fait prendre, moins elle eſt en état de réſiſter. Il eſt cependant important de la tordre juſqu'à un certain point. Les ficelles qui la compoſent, n'ont point une même fermeté dans toute leur longueur. Certaines parties ont moins d'adhérence entre elles; & de-là chaque ficelle, priſe en particulier, ne ſeroit point en état de porter le même poids ſur toute ſa longueur. Or, en tordant enſemble pluſieurs ficelles, pour en former une corde, les parties foibles ſe joignent & s'uniſſent aux parties fortes correſpondantes, & forment, par ce moyen, ou par leur union, un tout dont la fermeté augmente, ainſi qu'on peut s'en aſſurer par les réſultats des expériences rapportées par M. *Duhamel* (1). Mais lorſque le tors eſt porté au-delà d'un certain point, que l'Artiſte doit connoître, la corde perd une portion de ſa fermeté, & elle eſt hors d'état de ſupporter le poids qu'elle eût porté, ſi on eût eu ſoin de la moins tordre. On peut conſulter, à cet égard, les expériences de M. *de Reaumur* (2); elles prouvent manifeſtement cette vérité,

(1) Duhamel, Art de la Corderie.

(2) Reaumur, Hiſt. de l'Acad. Roy. des Sc. an. 1711.

Digitized by Google

à laquelle l'intérêt particulier du Cordier ne permet pas toujours de faire l'attention qu'elle mérite. On eſt communément dans l'uſage de tordre les cordes, au point de les raccourcir d'un tiers de leur longueur. Elles deviennent, par cela ſeul, beaucoup plus dures, & elles paroiſſent beaucoup plus belles; mais elles ſont en même temps beaucoup moins fortes, & moins en état de ſupporter le poids qu'elles ſupporteroient, ſi on portoit moins loin cette opération. L'expérience, en effet, nous apprend qu'une corde de chanvre, raccourcie du tiers de ſa longueur, par le tors qu'on lui donne, étant en état de porter un poids de 4231 livres ſans ſe rompre, une autre corde ſemblable, fabriquée avec le même chanvre, mais moins torſe que la premiere, & au point de n'être raccourcie que du quart de ſa longueur, peut ſupporter un poids de 5187 livres. Elle ſeroit encore plus forte & plus capable de réſiſter au poids qu'elle doit porter, ſi elle n'étoit torſe qu'au point d'être raccourcie d'un cinquieme ſeulement de ſa longueur; & c'eſt la quantité de tors qu'il convient de donner aux cordes pour leur faire acquérir toute la force qu'on peut leur donner par cette

Digitized by Google

pratique. On peut répéter facilement ces expériences, en se servant de l'appareil que nous avons indiqué (*Desc. & us. d'un Cab. de Phys. t. 1, plan. XVII, fig. 5, 6, 7*).

Qualités de la corde dépendantes de la sécheresse & de l'humidité.

(359) Toutes choses égales d'ailleurs, la même corde supporte un poids plus considérable, lorsqu'elle est seche, que lorsqu'elle est humide. L'humidité la pénetre, distend ses fibres, les gonfle, & en rompt plusieurs; ce qui diminue d'autant la fermeté de la corde, & l'empêche de soutenir le poids qu'elle soutiendroit, si elle étoit seche. On ne peut guere compter sur les expériences qu'on feroit à cet égard. Les résultats varieroient nécessairement, à raison de la quantité d'humidité qui auroit pénétré les cordes; mais elles s'accorderoient néanmoins assez pour constater la vérité de notre assertion; & M. *Duhamel* nous apprend, dans l'Ouvrage que nous avons cité précédemment, qu'une corde seche, ayant supporté un poids de 5400 livres, elle ne put en supporter qu'un de 4000 livres, après qu'on l'eut mouillée. On peut se servir encore de l'appareil que nous venons d'indiquer pour répéter ces sortes d'expériences, en y employant de petites cordes appropriées à cet appareil. On peut s'en servir également,

Digitized by Google

& de ſes dépendances, pour juger des degrés de réſiſtance que les cordes font éprouver pour ſe rouler ſur des cylindres de différens diametres, & pour démontrer que des cordes de différens diametres, ayant à ſupporter le même degré de tenſion ſur un même cylindre, la réſiſtance qu'elles font éprouver, croît en raiſon directe du diametre des cordes. Ce ſont autant de conſidérations importantes dans la pratique, que nous nous contentons d'indiquer ici, mais que le Méchanicien ne peut étudier avec trop de ſoin, & dans le détail deſquelles nous ne deſcendrons point, parce qu'on les trouvera parfaitement développées dans l'Ouvrage de M. *Duhamel*, qui s'eſt occupé à approfondir cette matiere, & à la mettre dans tout ſon jour.

CINQUIEME SECTION.

De l'Hydroſtatique.

(360) L'*hydroſtatique* eſt une partie de la Phyſique, qui traite de la preſſion & de l'équilibre des liquides; elle traite, outre cela, Définition.

Digitized by Google

de la preſſion & de l'équilibre des ſolides plongés dans les liquides. Mais les liquides ſont de deux eſpeces, *homogenes*, ou *hétérogenes*. On donne le nom d'homogenes à tous ceux dont la peſanteur ſpécifique eſt la même, ou qui peſent également ſous le même volume; & on appelle hétérogenes, ceux qui peſent inégalement ſous le même volume, ou dont la peſanteur ſpécifique eſt différente.

Deux eſpeces de liquides.

(361) Si ces deux eſpeces de liquides ſont ſoumis à des loix générales, quant à leur preſſion, les liqueurs hétérogenes ſont, outre cela, ſoumiſes à quelques loix particulieres, relatives à la différence de leur denſité, & l'une & l'autre eſpece de liquide a ſes loix particulieres d'équilibre. Nous diviſerons donc cette Section en cinq articles. Le premier traitera de la liquidité en général, & des loix communes de la preſſion des liquides de toute eſpece. Le ſecond, des loix de l'équilibre entre les liqueurs homogenes. Le troiſieme, des loix particulieres de la preſſion & de l'équilibre des liqueurs hétérogenes. Le quatrieme, des loix de la preſſion, & de l'équilibre des ſolides plongés dans les liquides. Le cinquieme enfin, comprendra l'expoſition des phénomenes des tubes capillaires,

Diviſion de cette ſection.

Digitized by Google

laires, & les différentes hypothèſes qu'on a imaginées juſqu'à ce jour pour les expliquer.

ARTICLE PREMIER.

De la liquidité en général, & des loix communes de la preſſion des liquides de toute eſpece.

(362) Cet article renferme deux objets différens. Nous le diviſerons donc en deux paragraphes. Le premier traitera de la liquidité, & le ſecond expoſera les loix générales de la preſſion des liquides. Diviſion de cet article.

PARAGRAPHE PREMIER.

De la Liquidité.

(363) La liquidité & la fluidité ſont des propriétés particulieres à certains corps, qui dépendent, comme nous l'avons ſuffiſamment fait obſerver (ſect. 1, art. 2), de la maniere ſelon laquelle l'attraction maîtriſe les parties intégrantes des corps que nous regardons comme liquides, ou comme fluides.

Quelques-uns diſtinguent la liquidité de la fluidité, comme l'eſpece d'avec le genre. Différence entre les fluides & les liquides.

Digitized by Google

Un corps eſt fluide, diſent-ils, lorſque ſes parties ne ſont point liées entre elles, & qu'elles ſe répandent comme d'elles-mêmes. C'eſt dans ce ſens qu'ils regardent le ſable fin, la cendre, un amas de menus grains, &c. comme autant de fluides. Au contraire, pour qu'un corps ſoit liquide, il faut, ſuivant eux, que non-ſeulement il ſoit doué des propriétés précédentes, mais encore que ſes parties ſoient tellement mobiles, qu'elles s'épanchent de maniere à affecter une ſurface horiſontale. Or, cette différence ne concernant qu'une ſimple modification dans la mobilité entre les parties des ſubſtances qu'on regarde comme fluides, ou comme liquides, nous n'y aurons point égard en cette occaſion, & nous renfermerons ſous la même claſſe les liquides & les fluides, auxquels on pourra appliquer également les obſervations ſuivantes.

Des parties des liquides.

(364) Si les liquides, en général, ſont compoſés de particules entre leſquelles on ne remarque qu'une foible cohéſion; ſi ces parties ſont ſuſceptibles de céder à l'effort de leur peſanteur, & ſi cet effort ſeul ſuffit pour les déplacer & les détacher de la maſſe totale qu'elles concourent à former, chacune

Digitized by Google

de ces parties doit être considérée comme un corps dur, & il est même plusieurs liquides dont les parties intégrantes jouissent d'une dureté à toute épreuve.

(365) Les molécules de l'eau, par exemple, atténuées par l'action du feu, se subtilisent, à la vérité, s'écartent les unes des autres, se convertissent en vapeurs, & se développent au point d'occuper un espace treize à quatorze mille fois plus grand que celui qu'elles occupent lorsqu'elles constituent une petite masse d'eau ; mais chaque particule de ces vapeurs, quelqu'atténuée qu'elle soit, est une particule véritablement aqueuse, & qui jouit de toutes les propriétés qui caractérisent ce liquide, puisque la seule réunion de plusieurs de ces vapeurs, occasionnée par le froid qui les saisit, les réduit en gouttes d'eau plus ou moins sensibles. La distillation de l'eau en fournit la preuve la moins équivoque ; & si on veut s'en convaincre facilement, sans avoir recours à une opération de cette espece, l'expérience suivante suffit à cet effet.

Celles de l'eau sont inaltérables.

Expérience qui prouve que les vapeurs qui s'élevent de l'eau, sont de véritable eau.

Faites bouillir de l'eau dans une cafetiere, ou dans tout autre vaisseau propre à cet effet ; lorsqu'une portion de cette masse

d'eau s'élevera en vapeurs, préſentez au-deſſus de l'orifice du vaiſſeau, un entonnoir de cryſtal. Les vapeurs qui ſe porteront dans la capacité de cet entonnoir, ſaiſies par le froid qu'elles y éprouveront, s'y condenſeront, & couleront ſur les parois du vaiſſeau, ſous la forme de gouttes d'eau. C'eſt ce qui arrive tous les jours ſur nos tables, ſans qu'on y faſſe attention. Un plat recouvert d'un autre plat, ou d'une aſſiette d'argent, exhale ſous le couvercle des vapeurs aqueuſes que la chaleur éleve. Ces vapeurs condenſées par le froid du couvercle, s'y amaſſent, & on l'enleve parſemé d'une quantité plus ou moins abondante de gouttes d'eau très-ſenſibles.

On peut donc écarter aiſément, ſéparer les unes des autres les parties intégrantes de l'eau; mais on ne peut altérer & décompoſer ces parties. Ce ſont autant de petites molécules qui échappent à la foibleſſe de nos organes, lorſqu'elles ſont ſéparées & iſolées. Ces molécules indeſtructibles, indécompoſables, ſi on peut s'exprimer ainſi, jouiſſent donc d'une dureté à toute épreuve, & bien ſupérieure à celle que nous obſervons dans les parties intégrantes des ſo-

Digitized by Google

lides, puiſque ces dernieres peuvent être attaquées & décompoſées.

(366) Les parties intégrantes de tous les liquides, ne jouiſſent point, à la vérité, du même degré de dureté & d'inaltérabilité. Suivant qu'elles ſont compoſées de principes de différens ordres, elles ſont ſuſceptibles d'être plus ou moins facilement attaquées & décompoſées. C'eſt ainſi, par exemple, que les globules rouges du ſang ſe convertiſſent en lymphe, en paſſant continuellement par les routes de la circulation. C'eſt ainſi que les parties du mout, convenablement atténuées par la fermentation qu'elles éprouvent, ſe convertiſſent en vin, dont les parties intégrantes ſont plus ſubtiles, & dont les principes ont une cohéſion plus marquée. C'eſt ainſi que les parties du vin ſe ſubtiliſent elles-mêmes par la diſtillation, & qu'on peut, en réitérant cette opération, les atténuer de plus en plus, & en former l'eſprit-de-vin le plus pur & le plus rectifié. Quelque ſubtiles que ſoient les parties de cette derniere liqueur, elles peuvent le devenir encore davantage entre les mains du Chymiſte; & c'eſt ce qui réſulte de leur combinaiſon avec l'acide vitriolique, & de la diſtillation qu'on

Il n'en eſt pas de même des parties intégrantes de tous les liquides.

Digitized by Google

fait ſubir à ce mêlange. La liqueur qui s'éleve dans cette opération, eſt, ſans contredit, la plus atténuée & la plus ſubtile qu'il ſoit poſſible d'obtenir. C'eſt ce qu'on appelle l'*éther*, (note 1).

Note 1.

Même altération dans les parties intégrantes des ſolides, qui les fait paſſer de cet état à celui de liquide.

(367) Ce que nous obſervons ici par rapport aux liquides, ſe fait également remarquer dans les ſolides. Leurs parties, compoſées de principes de différens ordres, ſont ſuſceptibles d'être décompoſées & d'être réduites en leurs principes les plus éloignés, & conſéquemment plus dures & moins altérables. Elles peuvent encore être tellement décompoſées, que les ſubſtances les plus ſolides peuvent paſſer de cet état à celui de liquides. C'eſt ce qu'on obſerve tous les jours dans nos laboratoires de Chymie. L'antimoine, ou le biſmuth, qui ſont deux demi-métaux, convenablement diſtillé avec le mercure ſublimé, ſe change en une eſpece de beure, & ſi on fait ſubir à cette derniere ſubſtance des diſtillations réitérées, elle ſe convertit elle-même en un fluide très-ſubtil (1). Les métaux ſont ſuſceptibles d'une ſemblable décompoſition, & d'une atténua-

(1) Mém. de l'Acad. Roy. des Scien. an. 1713.

Digitized by Google

tion auſſi marquée. L'étain diſtillé avec le mercure ſublimé, ſe convertit en un eſprit humide & fumant. *Homberg* nous aſſure même que tous les métaux triturés pendant long-temps avec de l'eau, ſe diſſolvent à la fin dans ce liquide, & paſſent de l'état ſolide qui leur convient naturellement, à celui de la liquidité la plus décidée (1). *L'or potable*, la merveille du dernier ſiecle, & le but des eſpérances de tous les Alchymiſtes, n'eſt plus un myſtere, ſi nous nous en rapportons au témoignage de *Langelot*. Il parvint, nous dit-il, à amollir ce métal, & à le rendre coulant, en le triturant ſeulement, pendant l'eſpace de ſix mois, dans un mortier de porphyre. Ne voyons-nous pas tous les jours nombre de ſels, tels que le ſel marin, le ſel gemme, celui des fontaines, le nitre, le vitriol, &c. ſolitairement bien deſſéchés, & diſtillés enſuite avec une quantité trois fois plus grande de bol très-ſec, ſe convertir en un fluide très-ſubtil, très-actif, acide & corroſif? Nous pourrions citer encore nombre d'exemples tous également propres à confirmer cette vérité, qu'il ſuffit de faire

(1) Homberg, Mém. de l'Acad. Roy. des Scien.

Digitized by Google

entrevoir ici, & dont tout le monde peut facilement se convaincre, en réfléchissant sur nombre de phénomenes qui se présentent habituellement à nos recherches. Ne voyons-nous pas tous les jours que toutes les parties molles des animaux, que la plupart des végétaux se décomposent par la putréfaction, & se convertissent en liqueurs ? Ne nous appercevons-nous pas continuellement que les parties les plus solides des alimens que nous prenons, étant digérées dans l'estomac, elles se convertissent en une liqueur grossiere à la vérité ; mais que cette liqueur se subtilise ensuite dans les routes de la circulation, où elle se convertit en sang & en quantité d'autres fluides qui circulent avec lui dans l'habitude de notre corps ?

Transformation des liquides en solides.

(368) Si les solides peuvent passer de cet état à celui de la plus grande liquidité, les liquides peuvent eux-mêmes se convertir en solides. C'est ce que nous voyons fréquemment arriver pendant l'hyver. L'eau, & tous les autres fluides, dans lesquels le principe aqueux domine, se convertissent en glace. Plusieurs liqueurs animales forment des concrétions solides, qui tournent au détriment de l'animal. N'a-t-on pas vu l'humeur aqueuse

Digitized by Google

ſe pétrifier & ſe convertir en une pierre très-ſolide dans l'œil d'un aigle (1)? Toutes ces concrétions pierreuſes, auxquelles l'homme ſe trouve malheureuſement expoſé, ne ſont-elles pas autant de phénomenes du même genre? Mais ſans raſſembler des faits qui s'éloignent de l'ordre de la Nature, ne voyons-nous pas tous les jours la ſeve qui pénetre les ſemences, & les racines des plantes, former la partie fibreuſe & ſolide de ces plantes? Ne voyons-nous pas le chyle ſe convertir en chairs, en os, & généralement ſe transformer en toutes les parties ſolides de l'animal?

Différence entre les ſolides & les liquides.

(369) La différence entre les ſolides & les liquides, ne vient donc uniquement que de la maniere ſelon laquelle leurs parties intégrantes ſont unies. Elles ſont toutes, ſéparément priſes, autant de petites molécules dures & ſolides, & elles forment des liquides ou des ſolides, ſelon le degré d'union qu'elles contractent entre elles. Intimement unies, leur agrégation forme un ſolide, dont la ſolidité ſe meſure par le contact de ſes parties, & par la multiplicité de leur nombre, ſous un volume donné. Plus foiblement unies,

(1) Mémoires adoptés, vol. 1, pag. 222.

Digitized by Google

la solidité du mixte diminue proportionnellement, & ce n'eſt plus qu'un fluide, ou un liquide, lorſque l'adhérence des parties ceſſe d'être ſenſible, & que chacune ſe déplace au plus petit effort poſſible.

Fluides viſqueux.

(370) Il eſt cependant des liquides, ou des ſubſtances, qu'on range dans cette claſſe, entre les parties deſquelles on remarque une certaine adhérence plus ou moins ſenſible. Auſſi les diſtingue-t-on avec ſoin, & les range-t-on dans une claſſe à part, ſous le nom de *fluides viſqueux*. Telles ſont, par exemple, la plus grande partie des huiles & des ſubſtances huileuſes, les gommes & les réſines, lorſqu'elles ſont fondues & étendues dans un véhicule approprié.

Préſomption ſur la figure des parties intégrantes des liquides.

(371) S'il n'eſt pas donné au Phyſicien de pénétrer le ſecret de la Nature ſur la forme des parties intégrantes des liquides; ſi ſon œil, armé des meilleurs microſcopes, ne peut découvrir cette forme particuliere, tout le porte cependant à croire que ces parties ſont globuleuſes & arrondies, ou qu'elles approchent de cette forme. L'expérience confirme même cette idée juſqu'à un certain point. Lorſqu'on examine, avec un excellent microſcope, certains fluides, dont les parties

Digitized by Google

ſont aſſez groſſes pour être ſenſibles, on voit que ces parties ſont arrondies & globuleuſes. C'eſt ſous cette forme qu'on découvre les parties du lait, du ſang, de la lymphe, du mercure, &c. C'eſt ſous cette forme que *Derham* apperçut, dans une chambre obſcure, les vapeurs qui s'y élevoient & qui y demeuroient ſuſpendues. On découvre la même forme à celles qu'un charbon embraſé exhale, lorſqu'on reçoit ſes vapeurs ſur la ſurface polie d'une glace, & qu'on les examine avec une loupe un peu forte.

Si nous examinons avec la même attention les parties intégrantes des fluides viſqueux, nous voyons que ces parties ſont plus groſſieres, plus irrégulieres, moins homogenes & moins arrondies. Tout nous porte donc à croire qu'elles doivent être plus ténues & arrondies, ou approchant très-fort de cette forme dans les fluides les plus coulans. Nous n'oſerions cependant l'affirmer d'après ces obſervations particulieres. L'analogie ne porte pas toujours avec elle toute la certitude qu'on doit deſirer dans les connoiſſances phyſiques.

Si nous ne pouvons prononcer, avec con-

Digitized by Google

fiance, ſur la forme des parties intégrantes des liquides, nous pouvons cependant aſſurer que cette forme eſt telle, qu'elle procure à ces parties la plus grande mobilité ; & c'eſt cette extrême mobilité qu'on remarque entre les parties de certains liquides, qui firent croire à quelques Phyſiciens que la liquidité & la fluidité dépendoient d'un mouvement continuel entre les molécules conſtituantes de ces ſortes de ſubſtances : opinion erronée, & qui mérite d'être réfutée.

La liquidité ne dépend point d'un mouvement inteſtin entre les parties des liquides.

(372) Nous ne diſconviendrons point qu'on remarque un mouvement inteſtin entre les parties de pluſieurs ſolides, lorſqu'ils paſſent de cet état à celui des liquides. C'eſt un fait conſtamment confirmé, chaque fois qu'on emploie le miniſtere du feu pour liquéfier des ſolides, tels que des métaux, des graiſſes, de la cire, &c. Mais cette obſervation n'influe en rien ſur les ſubſtances originairement liquides. On conçoit, & nous l'avons ſuffiſamment démontré (ſection 1, article 2), que la ſolidité des corps dépend de l'attraction de cohéſion qui unit plus ou moins intimement leurs parties intégrantes. Ils ne peuvent donc paſſer de cet état à celui de la liquidité, qu'autant qu'une cauſe

Digitized by Google

étrangere peut vaincre cette force de cohéſion, & ſéparer les parties qui ſe trouvent unies. Or, cet obſtacle à la liquidité ne peut être ſurmonté, cette ſéparation ne peut avoir lieu, qu'il ne ſurvienne un mouvement réel & ſenſible entre les parties qui ſe ſéparent, & conſéquemment il ne peut ſe faire qu'un métal, ou que toute autre ſubſtance ſe fonde, ſans qu'on obſerve un mouvement plus ou moins ſenſible entre les parties du corps fondu. Ce mouvement ſubſiſte encore, lorſque la fuſion eſt opérée, & que l'état de liquéfaction perſiſte, parce que, ſans l'action du feu qui continue à agiter & à écarter les parties intégrantes du mixte, elles céderoient à la force de cohéſion qui les maîtriſent, & elles ſe réuniroient au point de ramener le liquide à l'état de ſolide; & c'eſt ce qui arrive lorſqu'on laiſſe refroidir ces ſortes de ſubſtances. Mais ce mouvement inteſtin ne ſe remarque pas de même, & n'eſt nullement néceſſaire à la fluidité des ſubſtances naturellement fluides ou liquides.

C'eſt en vain que les Partiſans de cette opinion nous oppoſent que les liquides ſe prêtent à toutes les formes qu'on veut leur faire prendre; qu'ils ſont ſuſceptibles de ſe

Digitized by Google

mêler, de ſe combiner enſemble; que les diſſolutions qu'ils operent ne peuvent avoir lieu ſans un mouvement particulier, & plus ou moins ſenſible.

Nous ne diſconvenons point que tout liquide ne ſoit ſuſceptible de prendre toutes ſortes de formes, & nous accorderons même volontiers que cet effet ne peut avoir lieu ſans un mouvement réel; mais ce mouvement ne commence à ſe produire qu'au moment où l'on verſe le liquide dans le vaiſſeau qui doit le recevoir, & lui ſervir, pour ainſi dire, de moule. Dès qu'il y eſt introduit, & qu'il a pris la forme du vaiſſeau, le frottement de ſes parties, leur mutuelle attraction, quelque foible qu'on la ſuppoſe, s'oppoſent au mouvement qu'elles viennent de contracter, & ces deux cauſes réunies parviennent à ramener le liquide à l'état de repos d'où l'on vient de le tirer.

Nous convenons pareillement que le mêlange de pluſieurs liquides ne peut ſe faire ſans un mouvement réel entre leurs parties; mais ce mouvement ne doit pareillement ſon origine, & ne commence à ſe produire qu'au moment du mêlange : lorſqu'il eſt complétement opéré, le mouvement ſe rallentit

Digitized by Google

par les mêmes causes que nous venons d'indiquer, & il se détruit à la longue.

On peut facilement appliquer le même raisonnement à la troisieme observation qu'on nous oppose ici. Le mouvement violent & rapide qu'on observe communément dans les dissolutions, ces agitations brusques & singulieres, accompagnées d'effervescence & d'ébullition, ne sont que l'effet de la dissolution, occasionnée par l'affinité entre le menstrue & le corps qu'il dissout ; mais ces effets n'existent point avant qu'on ait disposé ces deux substances à agir l'une contre l'autre ; & il est constant que rien ne peut nous porter à supposer un mouvement préexistant dans le liquide dont on fait alors usage.

(373) La fluidité ou la liquidité, consiste donc précisément dans l'extrême mobilité des parties du corps liquide ou fluide, dans le défaut d'union de ses parties, s'il est permis de s'exprimer ainsi, dans le peu d'activité de la force attractive qui tend à les unir, & dont l'effet est détruit, ou mieux, diminué par nombre de circonstances que nous ne connoissons point encore assez pour les développer d'une maniere satisfaisante, mais dont l'action & la présence se trouvent suf- Conclusion.

Digitized by Google

fiſamment confirmées par quantité de phé-nomenes dont nous aurons occaſion de parler par la ſuite.

PARAGRAPHE SECOND.

Des loix communes de la preſſion des liquides de toute eſpece.

(374) Nous avons obſervé précédemment (ſect. 3, art 6, parag. 1), que tous les corps ſublunaires étoient maîtriſés par une force qui les porteroit au centre de notre globe, ſi aucun obſtacle ne s'oppoſoit à cet effet. Les liquides ſont donc ſoumis à la même loi; & nous ne faiſons cette obſervation, que pour rappeller, en peu de mots, une erreur éliminée depuis long-temps de l'Ecole, mais qui mérite néanmoins de trouver ici ſa place.

Erreur des Anciens. Sans révoquer abſolument en doute la peſanteur des liquides, nos ancêtres imaginoient cependant qu'ils en étoient totalement dépourvus, lorſqu'ils étoient renfermés dans une maſſe commune de même liquide. De-là cette propoſition ſi fameuſe dans l'ancienne Ecole: *Liquida non gravitant in propriis locis. Les liquides ne peſent point dans leur propre élément.* Ils obſervoient, en effet, qu'un

Digitized by Google

qu'un solide plongé dans un liquide, ne faisoit point sentir son poids à la puissance qui tendoit à l'en retirer, tant qu'il demeuroit plongé dans ce liquide. La main, disoient-ils, n'a point d'effort à faire pour retirer de l'eau un seau, tant qu'il demeure plongé dans l'eau : elle ne commence à sentir son poids, qu'au moment où il s'éleve au-dessus de la surface de l'eau.

Réfutation. La raison de ce phénomene, qui dépend de l'équilibre du seau avec les colonnes d'eau qui lui répondent, deviendra plus sensible, lorsque nous parlerons des solides plongés dans les liquides. On comprendra facilement alors, qu'il en est de ce seau, comme d'un fardeau placé dans le bassin d'une balance, & mis en équilibre avec un contrepoids placé dans le bassin opposé de la balance. Quelque lourd qu'on suppose ce fardeau, la main qui tend à le soulever, le souleve avec le moindre effort possible, si la balance est bien mobile, & il n'en est pas moins pesant malgré cela. Il en est de même de toute masse donnée de liquide, renfermée dans une plus grande masse de même liquide. Toutes les parties sont en équilibre entre elles, & la puissance qui veut les séparer,

Digitized by Google

n'éprouve point l'effort de leur peſanteur, tant qu'elles demeurent réunies dans le même lieu. Mais veut-on démontrer la fauſſeté de l'ancienne opinion par une expérience très-ſimple & très-facile à faire ? La ſuivante eſt on ne peut plus démonſtrative.

Expérience qui confirme cette erreur.

Suſpendez à l'un des bras d'une balance un flacon leſté de plomb & bien bouché : faites-le pendre dans une maſſe d'eau, de façon qu'il en ſoit enveloppé de toutes parts, & mettez-le en équilibre avec un contrepoids ſuffiſant (*Deſc. & uſ. d'un Cab. de Phyſ. t. 1, pl. XVIII, fig. 1*). Débouchez alors le flacon, il ſe remplira d'eau, & il deviendra prépondérant. Rétabliſſez l'équilibre, en ajoutant un nouveau contrepoids, & vous obſerverez que le poids que vous ſerez obligé d'ajouter, ſera parfaitement égal à celui de la maſſe d'eau qui ſe ſera introduite dans le flacon ; ce qui prouve manifeſtement que cette eau n'eſt point dépourvue de peſanteur, lors même qu'elle eſt plongée dans une maſſe de liquide de même eſpece.

Différence entre la maniere d'agir de la peſanteur ſur les ſolides & ſur les liquides.

(375) Les liquides ſont donc ſoumis aux mêmes loix que les ſolides ; mais leur état de liquidité les expoſe à des particularités qu'il eſt important de remarquer. Toutes les

Digitized by Google

parties des solides sont intimement unies les unes aux autres ; elles ne sont qu'un seul & même tout ; leur effort se concentre, pour ainsi dire, en un seul point, que nous avons appellé le centre commun de gravité. Aussi, lorsqu'il s'agit de soutenir un solide quelconque, il suffit de soutenir son centre de gravité. Il n'en est pas ainsi des liquides : toutes leurs parties sont indépendantes les unes des autres ; elles sont extrêmement mobiles, & elles cedent au moindre effort qu'on fait pour les séparer. D'où il suit qu'elles exercent leur action indépendamment les unes des autres ; ce qu'on peut facilement confirmer par l'expérience suivante.

Expérience qui prouve que les parties des liquides agissent indépendamment les unes des autres.

Montez un petit vaisseau cylindrique de douze à quinze pouces de hauteur dans l'intérieur d'un autre vaisseau de cristal beaucoup plus grand, & ouvert à son centre, d'une ouverture dont le diametre soit égal à celui du petit vaisseau ; que le tout soit disposé de maniere qu'on puisse boucher l'ouverture inférieure avec un piston bien mobile, attaché à l'un des bras d'une balance qui surmonte cet appareil, & retenu en situation par un contrepoids suffisant pour le soutenir, & pour soutenir en même temps une colonne d'eau

d'une certaine hauteur au-deſſus du piſton. Cela fait, verſez de l'eau dans le tube cylindrique, juſqu'à ce qu'elle y ſoit arrivée à une hauteur aſſez grande pour vaincre l'effort du contrepoids ; le piſton deſcendra, l'ouverture ſe débouchera, & l'eau s'écoulera dans un baſſin préparé pour la recevoir. Marquez alors ſur le grand vaiſſeau la hauteur correſpondante à laquelle il aura fallu porter l'eau dans le petit vaiſſeau cylindrique, pour produire cet effet. Supprimez ce vaiſſeau : remettez le piſton en ſituation avec le même contrepoids : réitérez la même expérience, & vous obſerverez que le piſton ne cédera à cette derniere maſſe d'eau, qu'autant qu'elle aura acquis la même hauteur dans le grand vaiſſeau (*Deſc. & uſ. d'un Cab. de Phyſ. t. 1, plan. XVIII, fig. 2*).

Il ſuit manifeſtement de cette expérience, que ſi les parties des liquides agiſſoient toutes en commun, & de la même maniere que celles des ſolides, il ne ſeroit pas néceſſaire que l'eau parvînt à la même hauteur dans le grand & dans le petit vaiſſeau, pour produire le même effet, & pour pouſſer le piſton au-dehors, puiſque l'effort de toutes les parties de l'eau ſe réuniſſant contre le piſton, il

Digitized by Google

suffiroit qu'il y en eût, dans le grand vase, une quantité égale à celle qu'on a versée d'abord dans le petit vaisseau cylindrique. S'il faut donc remplir le grand vaisseau jusqu'à la même hauteur, c'est une preuve que la seule colonne qui repose sur le piston, & de même diametre que celle qui étoit renfermée dans le petit vaisseau, agit contre ce piston, tandis que les autres colonnes déploient leur pression sur les autres parties du fond de ce vaisseau, & conséquemment que les parties des liquides exercent leur pression indépendamment les unes des autres.

(376) Cette différence n'est pas la seule qu'on remarque entre la pression des liquides & celle des solides. Ceux-ci n'agissent & ne font effort que selon la direction de la pesanteur. L'effort des liquides, au contraire, se développe en toutes sortes de sens. Cet effet dépend néanmoins de la gravité qui les maîtrise & qui les détermine, ainsi que tout autre corps, à se mouvoir de haut en bas, ainsi qu'il sera facile de s'en convaincre par l'expérience suivante.

Autre différence entre l'action des solides & des liquides. Ceux-ci exercent leur pression en tous sens.

Ayez une espece de syphon ouvert à ses deux extrémités, ou un tube de verre courbé de maniere que l'une de ses branches soit

Expérience qui prouve l'action des liquides en tous sens.

Digitized by Google

plus courte que l'autre (*Deſc. & uſ. d'un Cab. de Phyſ. t. 1, plan. XVIII, fig. 3*). Plongez ce tube dans une maſſe d'eau, de maniere que l'orifice de la plus courte branche ſe trouve au-deſſous de la ſurface de l'eau, & vous la verrez ſe précipiter par cet orifice, remplir non-ſeulement cette branche & la courbure qui eſt au bas, mais encore s'élever contre la direction de la peſanteur, dans la longue branche du ſyphon, juſqu'à ce qu'elle ſoit parvenue à la hauteur de la ſurface de l'eau dans laquelle ce tube demeure plongé. Or, pour peu qu'on réfléchiſſe ſur ce phénomene, on y découvre une preuve ſenſible de la preſſion de l'eau en toutes ſortes de ſens.

La colonne d'eau, en effet, qui ſe préſente à l'orifice de la courte branche du ſyphon, ne remplit cette branche, qu'en cédant à l'action de la peſanteur, qui la maîtriſe & qui l'oblige à ſe mouvoir de haut en bas, lorſque rien ne s'oppoſe à cet effet. Elle pouſſe donc devant elle la colonne d'air qui remplit cette branche, & qui n'eſt pas en état de contrebalancer cet effort. Parvenue à l'extrémité de cette branche, ou à la premiere courbure du tube, elle cede à l'af-

Digitized by Google

fluence de l'eau qui se présente à la même ouverture, & qui fait effort pour descendre; & comme les parties sont extrêmement mobiles, & qu'elles glissent librement les unes sur les autres, elle se porte du côté où elle éprouve moins de résistance. Elle passe entre les deux courbures du tube, & elle pousse devant elle l'air qui remplit cet espace. Arrivée à la seconde courbure, ou à la naissance de la plus longue des deux branches, & continuellement pressée par l'eau, qui tend à se précipiter dans la plus petite branche, elle cede encore à cet effort, & elle s'éleve de bas en haut, en poussant devant elle l'air qu'elle rencontre dans la longue branche: elle presse donc & elle exerce son action en toutes sortes de sens, mais en vertu seulement de la pression qu'elle éprouve de haut en bas, ou en vertu de la gravité qui la maîtrise.

On observeroit le même effet, si on répétoit cette expérience avec des tubes dont les branches fussent différemment inclinées entre elles, & même contournées en différens sens; ce qui prouve de plus en plus que l'action des liquides se déploie en toutes sortes de sens. Mais veut-on con-

Digitized by Google

firmer, par des expériences particulieres, cette preſſion en différens ſens, on peut avoir recours aux ſuivantes.

Expérience qui prouve la preſſion latérale des liquides.

(377) Rempliſſez d'eau un flacon percé latéralement d'un trou de deux à trois lignes de diametre (*Deſc. & uſ. d'un Cab. de Phyſ. t. 1, plan. XVIII, fig. 4*). Bouchez l'ouverture du col de ce flacon : l'eau demeurera dans ce vaiſſeau, ſans s'écouler par l'ouverture latérale. Elle y ſera retenue par la preſſion de la colonne d'air qui ſe préſente extérieurement à cet orifice, parce que celle-ci eſt en état de contrebalancer une colonne d'eau de même diametre, & de trente à trente-deux pieds de hauteur, comme nous le démontrerons, en traitant de la peſanteur de l'air. Voulez-vous vous aſſurer que l'eau renfermée dans ce flacon, exerce néanmoins une preſſion latérale ſur tous les points des parois de ce vaiſſeau ? Débouchez le flacon, & vous verrez l'eau s'élancer à une diſtance aſſez conſidérable au-delà de cette ouverture. La diſtance à laquelle cette eau jaillit, eſt, ſans contredit, la preuve la moins équivoque de la preſſion qu'elle déploie latéralement contre les parois du vaiſſeau, & la courbe qu'elle décrit en jailliſſant, confirme

Digitized by Google

encore la théorie que nous avons établie, en parlant de l'action de la pesanteur, combinée avec une force projectile. Si on examine, en effet, la courbe que cette eau décrit, on verra que c'est une véritable parabole; mais dont l'amplitude diminue à proportion que l'eau s'évacue, parce qu'à proportion que le flacon se vuide, la hauteur, & conséquemment la pression diminue proportionnellement. La force projectile, celle qui détermine l'eau selon une direction parallele à l'horison, diminue donc à proportion, & l'amplitude de la courbe devient également plus petite.

Expérience qui prouve la pression de bas en haut.

(378) On peut démontrer de différentes manieres la pression que les liquides exercent de bas en haut. Nous nous en tiendrons aux deux suivantes. Placez au milieu d'un grand vaisseau de cryſtal, dont le fond soit bien dressé, un cylindre de cryſtal ouvert à ses deux extrémités, & dont les bords soient également bien dressés. Chargez, si vous voulez, ce cylindre d'un poids donné, & remplissez d'eau le grand vaisseau. Vous observerez que cette eau se fera jour entre le fond de ce vaisseau & le bord du cylindre, & qu'elle s'élevera de bas en haut dans ce dernier, jusqu'à ce qu'elle soit arrivée à la même hau-

Digitized by Google

teur à laquelle elle ſera contenue dans le grand vaſe.

Autre *Expérience* confirmant la même vérité.

(379) Fermez l'orifice inférieur d'un vaiſſeau de cryſtal ouvert à ſes deux extrémités ; fermez-le avec un plan de métal revêtu d'un cuir mouillé, pour qu'il s'applique mieux contre le bord du vaiſſeau. Attachez au fond de ce plan un fil, que vous tiendrez à la main, après l'avoir amené au-delà de l'orifice ſupérieur du vaiſſeau. Plongez alors cet appareil, juſqu'à une certaine profondeur, dans une maſſe d'eau, & abandonnez le fil qui retient le fond de métal, qui bouche l'ouverture du vaiſſeau. Quel que ſoit le poids de ce morceau de métal, ſuppoſons-le de cuivre, pourvu toutefois qu'il ſoit plongé juſqu'à une profondeur qui excede neuf fois ſon épaiſſeur, vous le verrez adhérent à l'ouverture du vaiſſeau, & demeurer dans cet état, juſqu'à ce que l'eau, s'étant fait jour entre la jonction des deux pieces, ſe ſoit ſuffiſamment élevée dans le vaiſſeau, pour que l'immerſion du cuivre ſoit moindre que la quantité que nous venons d'indiquer (*Deſc. & uſ. d'un Cab. de Phyſ. t. 2, plan. XVIII, fig. 5*). Si le fond de métal demeure adhérent contre

Digitized by Google

l'ouverture du vaisseau, tant que l'eau ne s'est pas suffisamment élevée dans son intérieur, pour détruire cet effet, c'est la preuve la plus inconteſtable que l'effort de la pesanteur est détruit, ou mieux surmonté, tant que ce phénomene a lieu. Or, aucune force ne peut être surmontée que par une autre supérieure & directement opposée, & on ne peut soupçonner ici que la colonne d'eau qui se trouve au-dessous du plan de métal. Elle agit donc alors en sens contraire à la direction de la gravité. Elle agit donc de bas en haut avec une force supérieure à celle avec laquelle le plan de métal tend à se précipiter au fond du vaisseau. Si son action est suffisante pour le retenir en situation, lorsqu'il est plongé à une profondeur qui excede neuf fois son épaisseur, c'est que la pesanteur spécifique de l'eau, comparée à celle du cuivre, est dans le rapport de 1 à 9, & conséquemment qu'un cylindre de cuivre ne peut être en équilibre avec les colonnes d'eau qui l'embrassent, qu'autant que la hauteur de ces dernieres est neuf fois plus grande que celle du cylindre de cuivre, comme nous le démontrerons par la suite; car l'action de bas en haut de la colonne d'eau qui soutient ce

Digitized by Google

plan de métal, ne dépend que de la preſſion de haut en bas des colonnes collatérales qui l'embraſſent.

D'où dépend l'action de la colonne qui agit de bas en haut. Pl. 8, fig. 3.

(380) Concevons, en effet, qu'une maſſe d'eau compriſe dans un vaſe cylindrique A B (plan. 8, fig. 3), ſoit diviſée en pluſieurs plans paralleles au fond de ce vaſe *a b*, *c d*, *e f*, &c. Dans cette ſuppoſition, le plan *a b*, preſſé du poids de la portion de l'atmoſphere qui repoſe deſſus, portera ſur le plan *c d*, qui eſt au-deſſous, la preſſion qui vient immédiatement de ſon propre poids, & celle qu'il reçoit de la part de l'air qui s'appuie ſur ſa ſurface. Le plan *e f* eſt donc alors chargé & du poids de l'atmoſphere, & de celui des deux plans *a b*, *c d*, & ainſi de ſuite. Le fond du vaiſſeau eſt donc chargé du poids de tous les plans imaginaires qui ſont au-deſſus, & de celui de l'atmoſphere. Il y a plus: toutes les parties d'un même plan ſont uniformément preſſées.

Concevons maintenant cette même maſſe d'eau diviſée en pluſieurs colonnes paralleles entre elles, & perpendiculaires au fond du vaſe 1, 1: 2, 2: 3, 3: 4, 4: 5, 5: 6, 6: 7, 7: chaque partie priſe dans la hauteur de ces colonnes, ſera également preſſée que chaque

Digitized by Google

partie correspondante qui se trouvera dans le même plan. Imaginons donc, pour un instant, qu'une portion de l'eau qui compose l'une de ces colonnes, supposons la colonne 4, 4: soit supprimée depuis la surface supérieure de l'eau, jusqu'en R, sans que les colonnes collatérales puissent s'écrouler dans l'espace qu'elle abandonnera: dans cette supposition, le reste de cette colonne, depuis R, jusqu'au fond du vase, sera moins pressé que les parties correspondantes des colonnes collatérales, & qui se trouveront dans les mêmes plans. Mais ces colonnes étant extrêmement mobiles, & cédant à l'excès de pression qu'elles éprouveront, elles réagiront contre la colonne R, & elles tendront à l'élever à une hauteur égale à la leur, & elles y parviendroient, si rien ne s'opposoit à cet effet.

Cela posé, lorsqu'on plonge dans une masse d'eau le vaisseau de cristal à l'orifice inférieur duquel on a appliqué le plan de cuivre dont on s'est servi dans l'expérience précédente, on raccourcit la colonne d'eau qui répond à la surface de ce plan de toute la hauteur indiquée par la profondeur de l'immersion. Les colonnes collatérales qui

embraſſent les parois du vaiſſeau, deviennent plus longues à proportion; elles tendent donc à élever celle qui répond à la ſurface du plan de cuivre, & à lui faire prendre une hauteur égale à la leur. Cette colonne ſollicitée à acquérir plus de hauteur, preſſe donc de bas en haut le plan de métal; ſurmonte la tendance qui le ſollicite à ſe détacher du vaiſſeau, & à ſe précipiter de haut en bas: elle le retient en ſituation, & cet effet ſubſiſte juſqu'à ce que cette colonne s'étant progreſſivement élevée dans l'intérieur du vaiſſeau, elle ſe ſoit élevée aſſez haut, pour que l'excès de preſſion des colonnes collatérales ne ſoit plus ſuffiſant pour contrebalancer le poids du plan de métal.

Application de cette eſpece de preſſion.

(381) Parmi la multitude d'applications qu'on a ſu faire de cette propriété des liquides, nous remarquerons ſeulement la ſuivante comme très-ingénieuſe, & dont on tire un avantage qui mérite quelque conſidération. Veut-on tirer plus promptement de l'eau d'un puits, on ſuſpend une poulie au-deſſus de ſon ouverture, & on attache aux extrémités de la corde qui l'embraſſe deux ſeaux qui deſcendent alternativement, & qui néceſſairement ſe rencontrent en chemin.

Digitized by Google

Mais si le puits est trop étroit pour laisser passer ces deux seaux à côté l'un de l'autre, on diminue alors le diametre des seaux, & on leur donne à proportion plus de hauteur. Dans ce cas, il pourroit se faire que ces seaux ne pussent se renverser dans l'eau sans s'embarrasser : on profite alors de la pression des liquides de bas en haut : on perce les seaux par le fond, & on adapte à ces ouvertures des soupapes qui s'ouvrent du dehors en-dedans. La pression de l'eau de bas en haut suffit pour surmonter l'adhérence de la soupape, & pour la faire ouvrir : l'eau s'éleve donc dans le seau & le remplit ; le poids qu'elle exerce alors de haut en bas referme la soupape, la contient en place, & s'oppose à l'écoulement de l'eau.

(382) Il suit de ce que nous venons de dire, que les liquides exercent leur pression en toutes sortes de sens ; que l'extrême mobilité de leurs parties les rend propres à agir mutuellement les unes contre les autres, & que toutes les molécules d'une masse liquide supportent de toutes parts une égale pression, sinon elles se porteroient du côté où elles éprouveroient une moindre résistance, jusqu'à ce qu'elles eussent acquis le même degré de pression.

Digitized by Google

C'eſt en conſéquence de cette égalité de preſſion en toutes ſortes de ſens, comme le remarque très-bien *Muſſenbroek* (1), qu'un enfant eſt à l'abri de toute compreſſion extérieure, tant qu'il eſt renfermé dans le ſein de ſa mere, où il eſt entouré d'eau de toutes parts. On démontre cette vérité d'une maniere auſſi induſtrieuſe que convaincante, en renfermant un œuf dans une veſſie remplie d'eau, & en faiſant enſuite ſupporter à cette veſſie un poids très-conſidérable, qui ne ſoit point ſuffiſant toutefois pour rompre les fibres de cette veſſie. Quelle que ſoit la preſſion qu'on lui faſſe ſupporter, l'œuf demeure en ſon entier, malgré la fragilité qu'on lui connoît, & le peu d'effort qu'il faut faire pour le rompre, lorſqu'on l'attaque immédiatement. Nous avons indiqué un appareil très-commode pour faire cette expérience (*Deſc. & uſ. d'un Cab. de Phyſ. t. 2, pl. XIX, fig. 3*).

Expérience qui prouve qu'un enfant renfermé dans le ſein de ſa mere, eſt à l'abri de toute compreſſion extérieure.

(383) Ce que nous avons fait obſerver juſqu'à préſent, concernant la maniere ſelon laquelle les liquides exercent leur preſſion, nous met à portée de juger de celle qu'ils

De l'action des liquides, contre le fond & les parois des vaſes qui les contiennent.

(1) Muſſenbroek, Cours de Phyſ. expér. t. 2.

exercent

exercent contre le fond & les parois des vaſes qui les contiennent.

Stevin (1) fut le premier qui ſe livra plus particuliérement à cette recherche, & qui démontra que la preſſion d'un liquide donné, étoit la même contre le fond de deux vaſes différens en figure & en capacité, pourvu toutefois que le diametre de leurs fonds, fût le même, ainſi que la hauteur perpendiculaire du liquide au-deſſus du fond de chacun de ces vaiſſeaux M. *Volder* fut auſſi le premier qui confirma, par expérience, la démonſtration de *Stevin* : mais perſonne ne fit cette expérience avec plus d'appareil, & d'une maniere plus ſatisfaiſante, que le célebre *Paſchal* (2). Il fit uſage, pour cela, de cinq vaſes différens en forme & en capacité, & il démontra que le fond de ces vaiſſeaux étant de même diametre, & la hauteur perpendiculaire du liquide, étant également la même au-deſſus du fond de chacun de ces vaiſſeaux, la preſſion contre la baſe étoit préciſément la même ; ce qui donna lieu à cette propoſition générale : *La preſſion d'un liquide*

(1) Elém. d'hydroſt. propoſ. 10.
(2) Traité de l'équil. des liqueurs.

Digitized by Google

contre le fond d'un vaſe, eſt en raiſon compoſée de la baſe & de la hauteur de ce liquide au-deſſus de cette baſe.

D'où il ſuit que, pour eſtimer la preſſion d'un liquide contre le fond d'un vaſe donné, il faut avoir égard, 1°. à la hauteur du liquide; 2°. au diametre de la baſe de ce vaiſſeau.

La preſſion contre le fond, eſt en raiſon de la hauteur perpendiculaire du liquide.

(384) 1°. Il faut avoir égard à la hauteur perpendiculaire du liquide, puiſque le fond du vaiſſeau ſupporte, non-ſeulement la preſſion de la couche qui repoſe immédiatement deſſus, mais encore celle des couches ſupérieures (380). Cette preſſion doit donc être en raiſon directe de la hauteur du liquide. Auſſi remarquons-nous que la preſſion d'un liquide contre un corps, eſt d'autant plus grande, qu'il eſt plus profondément plongé; ce dont on peut s'aſſurer facilement, en faiſant uſage de l'appareil que nous avons indiqué (*Deſc. & uſ. d'un Cab. de Phyſ. t. 1, plan. XIX, fig. 2*). C'eſt une veſſie remplie d'une liqueur colorée, au col de laquelle on lie un tube de verre, ouvert à ſes deux extrémités, & dans lequel la liqueur ſe trouve élevée à une hauteur donnée. Plus on plonge profondément cette veſſie dans un vaſe rempli

Expérience qui confirme cette vérité.

Digitized by Google

d'eau, & plus la liqueur s'éleve dans l'intérieur du tube. Or, cet excès d'élévation est en raison directe de la pression que la vessie éprouve dans son immersion.

On peut encore démontrer cette vérité d'une maniere plus particuliere, par l'expérience suivante. Elle fait voir manifestement, que la hauteur du liquide venant à augmenter dans un vaisseau donné, la masse du liquide demeurant la même, le fond de ce vaisseau supporte une pression proportionnellement plus grande.

Autre *Expérience* tendant au même but.

Suspendez à l'un des bras d'une balance, un vaisseau rempli d'eau jusqu'aux deux tiers, ou aux trois quarts de sa hauteur, & mettez-le en équilibre avec un contrepoids suffisant : faites ensuite plonger dans cette masse d'eau un cylindre creux fermé par le bas, & attaché au bras d'une potence qui soutienne son poids. (*Desc. & us. d'un Cab. de Phys. t. 2, plan. XVIII, fig. 6*). A proportion que ce cylindre plongera dans l'eau, celle qu'il déplacera, refluera dans les colonnes collatérales, & élevera d'autant la hauteur de l'eau au-dessus du fond du vaisseau. Or, à raison de cet excès d'élévation, la pression deviendra d'autant plus grande contre le fond, &

Digitized by Google

cet excès de preſſion ſe faiſant ſentir ſur le bras de la balance qui porte le vaiſſeau, vous la verrez trébucher de ce côté.

La ſeule difficulté qui ſe préſente dans cette expérience, vient du poids du cylindre qui plonge alors dans l'eau. Quoiqu'il ſoit arrêté & fixé au bras d'une potence qui le ſoutient, on peut ſoupçonner que le mouvement de la balance eſt occaſionné par le poids de ce cylindre : mais il eſt facile de ſe convaincre du contraire. Il ne s'agit, pour cela, que de laiſſer les choſes dans le même état, & de rappeller l'équilibre, en mettant dans le baſſin oppoſé de la balance, un contrepoids ſuffiſant. Cela fait, on conçoit que ſi c'eſt au poids du cylindre qui plonge dans l'eau, qu'on doit rapporter le mouvement de la balance, ce cylindre ne peut devenir plus peſant, ſans produire, de nouveau, le même effet que précédemment. Or, en mettant à profit la cavité de ce cylindre, pour le charger d'un nouveau poids, & même d'un poids plus conſidérable que celui qu'il peſe naturellement, ce qu'on exécute, en le rempliſſant de menu plomb, on ne voit aucun effet ſenſible de cette addition de poids. La balance reſte dans l'état d'équilibre, parce

Digitized by Google

que cette nouvelle charge n'ajoutant rien au volume du corps plongé, & ne déplaçant point une nouvelle masse d'eau, ce liquide reste à la même hauteur. C'est donc à l'excès de la hauteur de l'eau dans le vaisseau, & non au poids du cylindre plongé dans cette eau, qu'on doit rapporter le premier effet, & la nécessité d'augmenter le contrepoids pour rappeller l'équilibre ; ce qui prouve manifestement que la hauteur de l'eau venant à augmenter au-dessus du fond d'un vaisseau, la quantité de ce liquide restant la même, la pression contre le fond augmente à proportion.

Si le vaisseau dont on fait usage pour faire cette expérience, étoit parfaitement cylindrique ; ou plus simplement encore, s'il étoit gradué, on démontreroit facilement que la pression contre le fond augmente en raison directe de la hauteur du liquide au-dessus de ce fond ; & voici de quelle maniere il faudroit procéder.

Le vaisseau qui contient l'eau, étant mis en équilibre, on feroit plonger le cylindre, de façon que l'élévation de l'eau dans le premier vaisseau, fût portée à une hauteur donnée, supposons à la hauteur d'un pouce.

Digitized by Google

Alors on rappelleroit l'équilibre avec un contrepoids ſuffiſant, & on remarqueroit la valeur de ce contrepoids : ſuppoſons qu'il fût d'une once. On feroit alors plonger le cylindre plus profondément, & de façon qu'il déplaçât le même volume d'eau que précédemment, & qu'elle s'élevât à la hauteur de deux pouces au-deſſus de ſa hauteur naturelle ; l'équilibre ſeroit encore rompu, & il faudroit ajouter un nouveau contrepoids d'une once pour rappeller l'équilibre. L'excès de preſſion dépendante de la hauteur de l'eau, ſuit donc la raiſon directe de ſon élévation au-deſſus du fond du vaiſſeau.

La preſſion contre le fond d'un vaiſſeau, eſt en raiſon de ſa baſe.

(385) 2°. S'il faut avoir égard à la hauteur du liquide, pour eſtimer la preſſion qu'il fait ſupporter au fond d'un vaſe, il faut auſſi avoir égard à la baſe de ce liquide, ou du vaſe. De même, en effet, que nous avons conçu une maſſe de liquide diviſée en pluſieurs lames, ou en pluſieurs tranches paralleles à la baſe, de même nous pouvons concevoir cette maſſe diviſée en pluſieurs colonnes paralleles entre elles & toutes perpendiculaires ſur le fond du vaſe qui les porte. Chacune de ces colonnes imaginaires étant égale, elles exercent chacune une

Digitized by Google

même pression contre la partie du fond qui la soutient. Cette pression sera donc d'autant plus forte, toutes choses égales d'ailleurs, qu'il y aura un plus grand nombre de colonnes semblables. Or, le nombre de ces colonnes se mesure par l'étendue de la base du vaisseau. Par conséquent la pression contre le fond du vaisseau sera en raison directe de la base, toutes choses égales d'ailleurs. La base & la hauteur sont donc les élémens de la pression que les liquides exercent contre le fond des vases qui les contiennent; & cette pression est en raison composée de la base & de la hauteur.

(386) Si on veut donc estimer & mesurer la pression qu'un liquide exerce contre le fond d'un vaisseau dans lequel il est renfermé, il faut multiplier la hauteur du liquide par sa base, & le produit donne la force cherchée. Maniere d'évaluer la pression d'un liquide contre le fond d'un vase.

La hauteur, en effet, nous fait connoître la force avec laquelle chaque colonne imaginaire du liquide agit contre la partie du fond qui lui répond. La base nous indique le nombre de colonnes qui agissent également contre ce fond: or, la pression totale étant égale à la somme des pressions partielles, il faut ré-

Digitized by Google

péter la preſſion partielle, ou la preſſion de chaque colonne, autant de fois qu'il y a de colonnes ſur la baſe, ou, ce qui revient au même, multiplier la hauteur par la baſe.

(387) Il ſuit de-là que pluſieurs vaſes différens en forme & en capacité ſupporteront la même preſſion, quant à leur fond, ſi leur baſe eſt la même, & ſi la hauteur perpendiculaire du liquide au-deſſus de ce fond eſt également la même; ce qu'on confirme d'une maniere auſſi ſimple qu'induſtrieuſe en faiſant uſage de l'appareil que nous avons expoſé (*Deſc. & uſ. d'un Cab. de Phyſ. t. 2*, *pl. XIX*, *fig. 2*). Cet appareil, le même au fond que celui que *Paſchal* imagina dans le même deſſein, eſt beaucoup plus commode que celui dont il fit uſage. Il eſt auſſi moins compliqué. Nous ne faiſons uſage que de trois vaiſſeaux: l'un cylindrique & de même diametre que le piſton qui lui ſert de fond mobile: le ſecond évaſé en forme d'entonnoir, ou de cône renverſé, & réduit vers le bas au même diametre que le précédent: le troiſieme cylindrique comme le premier, mais d'un diametre beaucoup plus petit & élargi vers le bas, par le moyen d'une virole de cuivre dans laquelle il eſt maſtiqué, afin

Expérience qui prouve que la preſſion eſt la même ſur le fond de pluſieurs vaiſſeaux différens en forme & en capacité.

Digitized by Google

de le rappeller au diametre des deux autres. Or, l'expérience démontre que ces vaisseaux étant successivement montés & établis sur le même cylindre creux, dans lequel glisse le piston, qui sert de fond commun à ces trois vaisseaux, l'expérience, dis-je, démontre, que si on les remplit d'eau, & à la même hauteur au-dessus du piston, ou du fond mobile, ce piston supportera la même pression; nonobstant la quantité d'eau différente qu'on employera à cet effet; puisque ce piston étant attaché aux bras de deux romaines, les mêmes poids le feront mouvoir & l'enleveront dans les trois circonstances.

(388) Le raisonnement vient encore à l'appui de cette expérience: supposons les trois vases dont on fait usage, représentés par A, B, C (plan. 8, fig. 4), le premier A cylindrique & dont le diametre est égal à celui du fond mobile dont on s'est servi dans l'expérience. Le second B évasé en entonnoir & réduit vers le bas au diametre du vase A. Le troisieme C beaucoup plus petit, uniforme dans toute sa longueur, mais évasé par le bas & amené au même diametre que les deux précédens. Il s'agit d'expliquer maintenant comment une quantité d'eau aussi

Développement de cette expérience.

Pl. 8, fig. 4.

Digitized by Google

grande que celle qui peut être contenue dans le vaſe B, lorſqu'il eſt rempli à la même hauteur que le vaſe A, ne produit pas plus d'effet contre le piſton, que la maſſe d'eau cylindrique compriſe dans le vaſe A, & comment la petite quantité d'eau renfermée dans le vaſe C, produit le même effet contre le piſton, que les deux autres maſſes du même liquide compriſes dans les deux vaſes précédens.

Pour ſatisfaire à la premiere de ces deux queſtions, imaginons que l'eau du vaſe B ſoit diviſée en pluſieurs colonnes paralleles les unes aux autres. Rappellons-nous d'abord que les parties des liquides exercent leur preſſion indépendamment les unes des autres (375), & conſéquemment que les colonnes *a a*, *b b*, *c c*, perpendiculaires au piſton, ſont les ſeules qui puiſſent agir contre lui. Or, comme le diametre de ce piſton eſt le même pour le vaſe A & pour le vaſe B, il y a donc dans l'un & dans l'autre un même nombre de colonnes de même hauteur, qui agiſſent & qui exercent leur preſſion contre le fond de l'un & de l'autre vaiſſeau. La preſſion doit donc être la même dans l'un & dans l'autre cas. Mais que deviennent les colonnes col-

Digitized by Google

latérales, & qui ne sont point perpendiculaires au piston? Celles-ci s'appuient contre le parois du vase *B*, & déploient leur pression contre ces parois: elles servent à contenir les colonnes perpendiculaires, & elles tiennent lieu, par rapport à ces dernieres, d'un vaisseau perpendiculaire & cylindrique qui les envelopperoit.

Si on examine à la vérité de quelle maniere les colonnes collatérales agissent sur les parois du vase *B*, on peut être porté à croire au premier aspect, que ces colonnes exercent une partie de leur pression contre le fond de ce vase. Ces colonnes, en effet, agissant obliquement contre ces parois, leur action doit nécessairement se décomposer en deux directions: l'une parallele au fond de ce vase, se dirige entiérement contre les colonnes perpendiculaires, & semble augmenter par là leur action contre le piston: l'autre, perpendiculaire aux parois du vaisseau, est entiérement détruite.

Quoique cette décomposition ait effectivement lieu, l'effort des colonnes collatérales contre celles qui sont perpendiculaires au fond du vaisseau, n'augmente nullement l'action de ces dernieres contre la base. L'ef-

Digitized by Google

fort des colonnes collatérales ſe fait également & uniformement ſentir en toutes ſortes de ſens, & l'effet que cet effort pourroit produire d'un côté, ſe trouve détruit par celui qui ſe fait ſentir du côté oppoſé. Tout l'effet de cette preſſion contre les colonnes perpendiculaires, ſe borne donc à les ſoutenir & à les contenir, comme elles le ſeroient, ſi, à la place des colonnes collatérales, on ſubſtituoit un cylindre creux & ſolide, qui les renfermeroit de toutes parts. D'où il ſuit que la preſſion contre le fond du vaſe B doit être la même que celle qui ſe fait obſerver dans le vaſe cylindrique A.

On ſaiſira facilement comment la petite maſſe d'eau renfermée dans le vaſe C, peut produire contre le fond qui la porte une preſſion auſſi forte que celle qui ſe fait obſerver dans les deux précédens.

Imaginons également que le fluide renfermé dans ce vaiſſeau ſoit diviſé en pluſieurs colonnes de même diametre que les précédentes, & perpendiculaires au fond du vaſe; mais dont la ſeule colonne IK ſoit de même longueur que chacune des colonnes contenues dans le vaſe cylindrique A, tandis que les colonnes collatérales *a b*, *c d*, ſont plus

Digitized by Google

courtes. Dans cette supposition tout-à-fait admissible, on voit évidemment que la colonne I K produit, sur la portion du fond qui lui répond, une pression égale à celle que produit dans le vase cylindrique A, une colonne semblable & correspondante à I K. Il ne reste donc plus qu'à démontrer que les colonnes collatérales *a b*, *c d*, quoique plus courtes, exercent, contre les portions du fond qui leur répondent, une pression égale à celle que la colonne I K déploie contre la partie du fond qui la porte.

La colonne I K, en tant que liquide, exerce sa pression en toutes sortes de sens (376); elle presse donc également, & le fond du vase & les colonnes collatérales qui l'enveloppent. Or, cette pression qu'elle déploie contre les colonnes collatérales, tend à les élever & à leur faire prendre une hauteur égale à la sienne; ce qu'on démontreroit facilement, si un des points du fond *s s* étoit ouvert, & qu'on adaptât à cette ouverture un tube parallele au vase C. On verroit alors la colonne de liqueur, qui répondroit à l'orifice de ce tube, cédant à la pression de la colonne I K, s'élever jusqu'à la hauteur de cette derniere. Chacune des petites colonnes éga-

Digitized by Google

lement preſſée par celle du milieu I K, fait donc effort pour s'élever à la hauteur de cette colonne, & elles s'y éleveroient effectivement, ſi le plan *s s* ne leur oppoſoit une réſiſtance invincible. Or, que produit cet obſtacle? Il fait que chacune des petites colonnes *a b*, *c d*, acquiert un degré de tenſion égal à la preſſion de la colonne I K. Sans cela, cette derniere continueroit à preſſer davantage les colonnes collatérales, & elle les preſſeroit juſqu'à ce qu'elles euſſent acquis ce degré de tenſion qui retient toutes ces colonnes en équilibre entre elles.

Mais comme elles agiſſent également en toutes ſortes de ſens (376), elles réagiſſent contre le fond du vaſe, en vertu du degré de tenſion qu'elles éprouvent. L'action de chacune de ces colonnes contre les portions du fond qui leur répondent, eſt donc égale à celle de la colonne I K, & conſéquemment la ſomme des preſſions de cette colonne & des collatérales contre le fond du vaiſſeau C, eſt égal à la preſſion de la maſſe d'eau cylindrique, renfermée dans le vaſe A, puiſque le fond étant le même pour l'un & pour l'autre vaiſſeau, il y a dans l'un & dans

Digitized by Google

l'autre le même nombre de colonnes qui agissent également.

(389) Cette maniere de considérer la pression qui se fait sentir sur le fond du vaisseau C, peut servir de réponse à une difficulté fort spécieuse, proposée vers la fin du dernier siecle, par M. *Pujolas* (1), dans une lettre qu'il écrivit à ce sujet à M. *Silvestre*, & que ce dernier rendit publique. Cet habile Physicien prétendoit que s'il falloit le même poids pour élever le piston du vase C, & du vase A, il ne s'ensuivoit pas pour cela, qu'il fût également pressé dans l'un & dans l'autre cas. Voici le raisonnement sur lequel il fondoit son opinion.

Réponse à une difficulté proposée contre cette uniformité de pression dans les trois vaisseaux.

Supposons, disoit-il, que les petites colonnes *a b*, *c d*, du vase C, ne soient qu'un sixieme de la colonne I K. Dans cette supposition, il faut de deux choses l'une ; ou que la grande I K presse comme 6, & les autres comme 1 ; ou que la grande I K agisse sur toutes les parties du fond, par l'intermede des petites. Dans le premier cas, la pression ne sera pas la même dans les deux vases, & le fait est manifeste. Dans le second, la

(1) Nouvelles de la Répub. des Lettr. Janv. 1687.

Digitized by Google

preſſion ſera encore différente. Suppoſons, en effet, continue-t-il, que les cinq degrés de preſſion, dont la grande jouit pardeſſus les autres, ſe diſtribue entre chacune des colonnes collatérales; & pour rendre plus facile à ſaiſir l'effet qui en réſulte, ſuppoſons que ces colonnes collatérales ſoient au nombre de cinq; chacune de ces colonnes acquerra donc un nouveau degré de preſſion, & elles agiront alors chacune avec deux degrés de preſſion, contre le fond qui les porte, au lieu qu'elles agiroient chacune comme fix, ſi elles étoient égales en longueur à la colonne IK. Le fond du vaſe C ne porte donc, ſuivant M. *Pujolas*, que la preſſion de chaque colonne en particulier: & ſi l'expérience paroît contredire ſon raiſonnement, voici comment il l'accorde avec ſon idée.

Lorſqu'il s'agit de faire monter le piſton dans le vaiſſeau A, on ne doit vaincre que la preſſion de la colonne d'eau cylindrique, & de même diametre qui repoſe deſſus. Mais lorſqu'il faut faire monter le même piſton dans le vaiſſeau C, il faut vaincre: 1°. la preſſion de la longue colonne IK, 2°. celles des colonnes *a b*, *c d*, plus la réſiſtance invincible du fond *s s*, qui fait alors le même effet

Digitized by Google

effet que si ces colonnes étoient égales en hauteur à la plus longue, & conséquemment il faut employer le même poids dont on fait usage pour faire monter le fond du vaisseau A. La pression n'est donc égale dans l'un & dans l'autre vase, suivant M. *Pujolas*, qu'au moment où le piston fait effort pour monter.

Sans examiner ici si ce raisonnement est bien conforme aux loix de la communication du mouvement, il suffira de faire observer, que si la pression de la colonne I.K étoit momentanée, alors son excès de pression, qui vient de sa longueur, se distribueroit aux colonnes collatérales, & leur pression seroit, à quelques choses près, égale à celle qu'il leur attribue: mais la pression de cette colonne est permanente. Elle se communique donc insensiblement & par degrés aux colonnes collatérales; & en supposant que, dans le premier instant, elle ne leur communique qu'un seul degré de pression, comme elle conserve encore son excès de longueur, & conséquemment son excès de pression, elle leur en communique un second, au second instant, & ainsi de suite, jusqu'à ce qu'elle les ait mises dans un degré de tension

qui puiſſe équivaloir à la force avec laquelle elle preſſe.

Sans cela, les parties inférieures de la colonne IK, qui ſont dans le même plan que les parties des colonnes collatérales, étant plus preſſées que ces dernieres, elles ſe porteroient du côté où elles éprouveroient moins de réſiſtance. La colonne IK ſe confondroit donc en partie avec les colonnes collatérales; ce qui eſt manifeſtement contraire à l'obſervation, puiſqu'elle conſerve ſa même hauteur. Le raiſonnement de M. *Pujolas* n'eſt donc qu'un vrai parallogiſme; & la preſſion eſt la même dans le vaſe A, & dans le vaſe C, lorſque la liqueur eſt élevée à la même hauteur, & avant que le piſton faſſe effort pour monter.

(390) Veut-on une nouvelle preuve que la preſſion qui ſe fait ſentir ſur le fond du vaſe C, eſt la même & parfaitement égale à celle qui ſe déploie ſur le fond du vaſe A, avant que le fond tende à s'élever, l'expérience ſuivante emporte la conviction avec elle.

Expérience qui confirme la théorie précédente. Pl. 8, fig. 5.

Sur le fond ſupérieur AB (plan. 8, fig. 5) d'un vaſe cylindrique BC, fort ſolide, & d'un

assez grand diametre, soit adapté un tube fort étroit *a b*, mais d'une très-grande hauteur, & conséquemment qui soit tel, qu'il puisse être rempli par une petite quantité d'eau, supposons une pinte. Quoique la solidité du vase B C soit plus que suffisante pour le faire résister à l'effort de l'eau dont il pourra être rempli, & même à une quantité plus que double de cette liqueur, il ne résistera pas à l'effort de la petite quantité d'eau qu'on versera dans le tube *a b*: car dès qu'elle sera élevée à une hauteur donnée dans ce tube, l'effort deviendra tel & contre le fond & contre les parois du vase, qu'il cédera à cette pression, & qu'il se brisera, ainsi qu'on l'a éprouvé plus d'une fois.

La raison de ce phénomene se fait assez naturellement sentir, & on conçoit facilement, par la théorie que nous venons d'exposer, que la petite colonne de liquide, renfermée dans le tube *a b*, produit exactement la même pression que produiroit une colonne d'eau cylindrique *c* C D *d* de même hauteur que la petite colonne renfermée dans le tube *a b*, & dont le diametre de la base seroit égal à celui du vaisseau cylindrique B C.

Digitized by Google

Même vérité confirmée par le ſoufflet hydroſtatique. Pl. 8, fig. 6.

(391) Le ſoufflet hydroſtatique confirme encore la même vérité. Cet inſtrument eſt un cylindre flexible, dont le fond ſupérieur A B (plan. 8, fig. 6), porte quinze pouces de diamètre. On adapte à ce fond un tube *a b* d'une longueur donnée. *Muſſenbroek* (1) lui donne quarante-ſept pouces & demi. On le remplit d'eau juſqu'au haut. La preſſion produite par l'eau dont il eſt rempli, agit contre le fond A B, & équivaut à celle qui viendroit d'un poids de trois cent huit livres, ainſi qu'on le démontre, en chargeant d'un poids ſemblable le fond A B de l'inſtrument.

En effet, lorſque le tube *a b* n'eſt rempli que juſqu'à la hauteur d'un pied, le fond du ſoufflet n'eſt pouſſé de bas en haut que par un effort de $97\frac{641}{7680}$ livres. Lorſque le même tube eſt rempli à la hauteur de deux pieds, la preſſion de bas en haut devient égale à celle d'un poids de 154 livres, & elle eſt de 231 livres, lorſque l'élévation de l'eau eſt de trois pieds de hauteur. Il n'eſt pas néceſſaire de faire obſerver ici, que pour faire cette expérience avec exactitude, il faut avoir ſoin de contenir l'eau dans le tube, à la hauteur

(1) Muſſenbroek, Cours de Phyſ. t. 2.

indiquée, à proportion qu'elle coule dans le cylindre, ou dans le soufflet.

(392) La pression des liquides contre le fond des vaisseaux, étant suffisamment établie, il nous reste à considérer celle que ces mêmes liquides exercent contre les parois des vases qui les contiennent. Nous n'en donnerons cependant qu'une idée suffisante, pour qu'on puisse calculer cette pression dans toutes sortes de circonstances, & pour qu'on puisse éviter l'erreur de plusieurs Physiciens qui ont imaginé que cette pression est la même, à surfaces égales, que celle qui se porte contre le fond de ces mêmes vases. De la pression des liquides contre les parois des vases.

Supposons, par exemple, un vase cubique ABCDEF (plan. 8, fig. 7), rempli d'eau, & disposé perpendiculairement à l'horison. La pression de l'eau contre chacun des côtés de ce vase, ne sera que sous-double de celle que ce même liquide exercera contre le fond. Pl. 8, fig. 7.

Si on tire, en effet, sur un de ses côtés, la diagonale AE, on divisera ce côté en deux triangles isoceles égaux. Si on mene ensuite différentes perpendiculaires sur le coté AF, & qui aboutissent toutes à cette diagonale, chacune de ces perpendiculaires

Digitized by Google

ſera égale à la hauteur à laquelle elle répondra. On aura donc ad égal Aa : be égal Ab : cf égal Ac, & ainſi de ſuite. Or, la preſſion d'un liquide contre un point donné, étant comme la hauteur du liquide (384), les différens points a, b, c, F, ſeront preſſés avec des forces repréſentées par les perpendiculaires ad, be, cf, FE. Mais toutes les parties d'un liquide, rangées dans un même plan, ſont également preſſées. Toutes ces parties preſſent donc également tous les points de la ſurface ſolide qui leur répondent. Par conſéquent ſi on ſuppoſe que les perpendiculaires ad, be, cf ſoient prolongées juſqu'au côté KE, tous les points de la ſurface AKEF, par leſquels ces perpendiculaires paſſeront, ſeront également preſſés que les points a, b, c, F. Cela poſé, ſi on mene des perpendiculaires ſur tous les points du côté AF, ces perpendiculaires rempliront l'aire du triangle AFE, & repréſenteront la ſomme des preſſions contre la ſurface AFEK.

Pareillement ſi on éleve des perpendiculaires ſur le côté FE, telles que Gg, Hh, Ii, &c. chacune de ces perpendiculaires repréſentera la preſſion de ce même liquide

Digitized by Google

contre les points G, H, I, &c. & conséquemment contre tous les points correspondans du fond du vase ; & si on éleve des perpendiculaires sur tous les points de la ligne *FE*, la somme de ces perpendiculaires représentera la somme des pressions contre le fond de ce vase. Or, ces perpendiculaires rempliſſent l'aire du quarré AFEK. La pression contre le fond du vase, peut donc être représentée par la surface d'un quarré, tandis que celle de ce même liquide contre le côté, est représentée par l'aire du triangle AFE. Or, la surface de ce triangle est sous-double de celle du quarré AFEK. Donc la pression contre le côté de ce vase, est sous-double de celle que le même liquide déploie contre le fond.

(393) Il suit de-là que la pression sur les quatre côtés d'un vase cubique, est double de celle que le liquide qui y est contenu, déploie contre la base de ce vase. Nous venons de démontrer, en effet, que la pression sur l'un des côtés de ce cube, n'étoit que la moitié de celle que le liquide exerçoit sur le fond du vase ; elle peut donc s'exprimer par $\frac{1}{2}$. La somme de celles qui se font sentir sur les quatre côtés, doit donc s'exprimer par $\frac{4}{2}$, & Corollaire 1.

Digitized by Google

conſéquemment par deux. La preſſion totale eſt donc double de celle que la baſe éprouve.

Corollaire II. (394) Il ſuit de-là que ſi un morceau de glace, de figure cubique, eſt renfermé dans un vaſe de figure ſemblable, & que ce vaſe en ſoit exactement rempli, la preſſion que ce morceau de glace exercera dans ce vaſe, ne ſera que le tiers de celle qu'il y exerceroit, s'il venoit à ſe fondre. Tant que ce corps, en effet, demeure dans le même état, & qu'il eſt ſolide, il ne preſſe que le fond du vaſe qui le porte, & ſa preſſion eſt égale à celle qui vient de ſon poids. Mais ſi la glace vient à ſe fondre, & que ce corps paſſe de l'état de ſolidité, à celui de liquidité, il preſſera alors chacun des côtés du cube avec une force ſous-double de celle qu'il exercera contre le fond du vaſe, & qui demeurera la même que précédemment. La ſomme de la preſſion deviendra donc égale à trois, tandis qu'elle étoit repréſentée auparavant par l'unité. Par conſéquent la preſſion ſera triple, dans le ſecond cas, de ce qu'elle étoit dans le premier.

De la preſſion de l'eau contre la vanne d'une écluſe. (395) Cette maniere de déterminer la preſſion qu'un liquide exerce contre les parois d'un vaſe qui le contient, nous met à

Digitized by Google

portée de calculer d'une maniere très-facile l'effort de l'eau contre la vanne d'une écluse donnée.

Supposons, en effet, que le plan A B C D (plan. 9, fig. 1), représente la vanne d'une écluse, dont le fond soit désigné par la ligne D C, & que l'eau qui la frappe vienne de A I, selon la hauteur F C. Dans cette supposition, si on tire C G égal F C, & qu'on mene la ligne F G, on aura alors la pression de l'eau contre la vanne donnée, égale à un prisme d'eau triangulaire F G C, dont la longueur est égale à D C. Cela posé, si on suppose que D C soit de douze pieds, F C de dix pieds, C G sera aussi de dix pieds, & conséquemment la solidité du prisme D C F G sera égale à la moitié du produit de dix pieds par dix pieds, multiplié ensuite par douze; ce qui donne six cents pieds; c'est-à-dire, que la masse d'eau qui agira contre la vanne, sera de six cents pieds cubiques. Or, un pied cube d'eau pese communément soixante & trois livres. La pression contre la vanne sera donc égale au produit de 600 par 63, c'est-à-dire, qu'elle sera de 37800 livres. Cette évaluation faite, il ne s'agira plus que d'estimer la résistance qui

Pl. 9, fig. 1.

Digitized by Google

vient de la quantité d'eau qui s'appuie contre le côté oppoſé de la vanne ; ce qui diminuera à proportion la preſſion que nous venons d'indiquer.

Suppoſons ici que la hauteur de l'eau du côté oppoſé ſoit repréſentée par I C de trois pieds. Tirons pareillement C O de trois pieds & I O, nous avons alors la priſme triangulaire D C I O, dont la ſolidité ſera égale à la moitié du produit de trois pieds par trois pieds, & multiplié enſuite par douze ; ce qui donnera cinquante-quatre pieds. Il faut donc diminuer de l'évaluation précédente, la valeur de la preſſion d'un priſme d'eau triangulaire de cinquante-quatre pieds cubes. Or, cette derniere preſſion eſt égale au produit de 54 par 63, ou à 3402 livres. La preſſion précédente 37800 livres ſe réduira donc à 34398 livres.

Obſervation relative au mouvement de l'eau.

(396) Nous n'avons ſuppoſé ici qu'une ſimple preſſion provenant de la quantité d'eau accumulée de part & d'autre de la vanne ; mais ſi cette eau étoit en mouvement, & qu'elle vînt frapper la vanne avec une vîteſſe donnée, il faudroit encore avoir égard à cette vîteſſe ; car la force avec laquelle elle frapperoit cette vanne, croîtroit

Digitized by Google

comme le quarré de la vîteſſe avec laquelle l'eau rencontreroit la vanne.

Quoique cet objet ſoit étranger à l'état de la queſtion que nous traitons, puiſqu'il ne s'agit ici que de la preſſion qui vient de la peſanteur du liquide, nous y ajoutons néanmoins cette obſervation, par rapport au fréquent uſage qu'on en peut faire. Nous nous propoſons donc de démontrer que ſi le même liquide vient avec des vîteſſes différentes frapper une vanne, ou autre obſtacle, qui s'oppoſe à ſon courant, ſelon une direction perpendiculaire à ſa ſurface, nous nous propoſons, dis-je, de démontrer que la preſſion de ce liquide contre l'obſtacle, croît comme le quarré de ſa vîteſſe augmente, toutes choſes égales d'ailleurs.

Suppoſons, en effet, que deux maſſes d'eau parfaitement égales A O O E, D R R F, (plan. 9, fig. 2), viennent frapper deux ſurfaces perpendiculaires & égales entre elles O O, R R, mais avec des vîteſſes différentes. Suppoſons, par exemple, que la ſeconde maſſe d'eau ait trois fois plus de vîteſſe que la premiere. Tandis que celle-ci parviendra de A & B, la ſeconde aura parcouru tout l'eſpace D R, que nous ſuppoſons trois fois

Plan. 9, fig. 2.

Digitized by Google

plus grand, & elle frappera l'obſtacle RR. Une ſemblable quantité d'eau le frappera encore, tandis que la premiere maſſe parviendra de B & C, & une troiſieme enfin ſemblable à chacune des deux autres frappera encore cet obſtacle RR, tandis que la premiere maſſe parcourra l'eſpace CO, pour frapper l'obſtacle OO.

L'obſtacle RR ſera donc frappé trois fois par une maſſe d'eau ſemblable à celle qui frappe l'obſtacle OO, tandis que ce dernier obſtacle ne ſera frappé qu'une ſeule fois. L'effort contre ces deux obſtacles, eſtimé par rapport aux maſſes d'eau qui agiſſent contre eux, ſera donc dans le rapport de 3 à 1.

Mais ſi la ſeconde maſſe d'eau eſt ſuppoſée avoir trois fois plus de vîteſſe que la premiere, comme les maſſes ſont égales, les forces ſont entre elles comme les vîteſſes. (104); par conſéquent chaque maſſe d'eau qui frappe l'obſtacle RR, le frappe trois fois plus fortement que celle qui frappe l'obſtacle OO. Or, un obſtacle qui eſt trois fois plus ſouvent frappé, avec une force trois fois plus grande, éprouve un effort neuf fois plus conſidérable. L'action des deux maſſes d'eau que nous ſuppoſons ici, & qui ne different entre

Digitized by Google

elles que par leurs vîtesses, est donc, par rapport à ces vîtesses, comme 9 est à 3, & conséquemment comme le quarré de ces vîtesses.

On pourroit encore tirer ici quantité d'inductions des principes que nous venons d'exposer ; mais nous ne pouvons nous permettre d'entrer dans des détails plus étendus, sur des objets dont les principes bien développés suffisent à quiconque veut se livrer à une étude aussi simple que facile.

ARTICLE SECOND.

Des loix de l'équilibre entre des liqueurs homogenes.

(397) Les loix de l'équilibre des liqueurs homogenes, se réduisent à une seule, dont l'application peut se faire aisément, soit que ces liqueurs soient renfermées dans un même vase, soit qu'elles communiquent entre elles dans différens vases. Lorsque nous avons déterminé, dans l'article précédent la maniere selon laquelle les liquides exercent leur pression, sur le fond des vases qui les contiennent, & lorsque nous avons voulu prouver

que les petites colonnes *a b*, *c d*, compriſes dans le vaſe C (plan. 8, fig. 4), exerçoient contre les portions du fond, qui leur répondoient, une preſſion égale à celle que la colonne I K exerçoit elle-même contre la partie du fond ſur laquelle elle s'appuioit, nous avons établi pour principe, que l'action de cette colonne contre les colonnes collatérales & ambiantes, tendoit à les élever à une hauteur égale à la ſienne. Or, ce principe que l'expérience confirme, eſt également celui de l'équilibre entre des liqueurs homogenes. Il ſuit naturellement de l'action en toutes ſortes de ſens que les parties des liquides exercent les unes contre les autres, & elles ne peuvent être en équilibre, que toutes les colonnes imaginaires d'un même liquide n'aient acquis une même hauteur perpendiculaire, lorſqu'il ne ſe rencontre point d'obſtacle qui s'oppoſe invinciblement à cet effet. Ces colonnes, en effet, étant compoſées des parties homogenes, ou de même denſité, elles ne peuvent ſe contrebalancer que le nombre des parties qui agiſſent les unes contre les autres ne ſoit égal de part & d'autre, & conſéquemment que la hauteur des colonnes ne ſoit la même.

Pl. 8, fig. 4.

Principe général.

Toutes les colonnes d'un même liquide ſont de même hauteur dans le vaſe qui les contient.

Digitized by Google

C'eſt par cette raiſon qu'on obſerve conſtamment que toutes les colonnes d'un même liquide compriſes dans un même vaſe, ſont en mouvement, juſqu'à ce que la ſurface ſupérieure de ce liquide ſoit de niveau, & que toutes les colonnes ſoient rangées dans le même plan.

C'eſt pour conſerver ce même paralléliſme, ou mieux, cette même hauteur perpendiculaire, que la ſurface de l'eau devient ſenſiblement convexe, lorſqu'elle occupe un très-grand eſpace ſur la ſurface de la terre. La figure de notre globe étant convexe, toutes les colonnes imaginaires, compriſes dans une grande étendue d'eau, ne peuvent être rangées dans un même plan parallele à la ſurface du globe terreſtre, & conſéquemment avoir une même hauteur perpendiculaire, qu'elles n'affectent entre elles une figure ſemblable à celle du plan ſur lequel elles repoſent. On ne doit donc point être ſurpris de ne découvrir aucun objet ſur terre, lorſqu'on regarde autour de ſoi en pleine mer, de deſſus le tillac d'un vaiſſeau. C'eſt pour la même raiſon que ce vaiſſeau, abordant vers le rivage, ceux qui ſont ſur le tillac découvrent d'abord les objets les plus élevés, tels

Digitized by Google

que les clochers, & le sommet des grands bâtimens, avant de distinguer le pied de ces édifices. L'expérience & l'observation démontrent donc incontestablement, que toutes les colonnes d'un même liquide, renfermées dans le même espace, se mettent constamment de niveau.

Même phénomene dans des vases communiquans.

(398) Ce que nous observons lorsque le liquide est compris dans un seul & même vase, ou lorsqu'il est contenu dans un même espace, se fait également observer, lorsqu'il est renfermé dans différens vases qui communiquent les uns avec les autres. Ayez des tubes de même ou de différens diametres; & courbés en forme de syphon; que les branches de ces tubes soient paralleles ou non; qu'elles soient uniformes, ou qu'elles affectent différentes courbures, telles, en un mot, que nous les avons indiquées & représentées (*Desc. & us. d'un Cab. de Phys. t. 2, plan. XIX, fig. 4, 5, 6*). Versez de l'eau, ou toute autre liqueur homogene, dans l'une des branches de chacun de ces tubes, & vous la verrez passer dans l'autre, s'y élever, & y demeurer en équilibre, lorsqu'elle sera parvenue à la même hauteur dans l'une & l'autre branche.

Expérience qui confirme cette vérité.

Prenons,

Prenons, en effet, par exemple, le tube ABC (plan. 9, fig. 3). Les deux colonnes de liquide *a*B, *c*B, ont une baſe commune en *d*: elles agiſſent donc l'une contre l'autre, en vertu de leur peſanteur, & conſéquemment elles ne peuvent demeurer en repos, qu'elles n'aient acquis une même hauteur perpendiculaire. On conçoit de-là, que ſi l'un des deux tubes étoit oblique, tel que BD, la colonne de liqueur étant, en partie, ſoutenue par l'inclinaiſon du tube, ſeroit, à la vérité, plus longue, mais elle arriveroit & ſe contiendroit en *e*, & ſa hauteur perpendiculaire au-deſſus de la baſe *d*, ſeroit encore la même, en la meſurant, comme il convient, par une perpendiculaire abaiſſée du point *e* ſur le prolongement *df* de ſa baſe. On conçoit pareillement que, quelqu'inflexion qu'on faſſe prendre à l'une des deux branches du tube, la hauteur de la liqueur doit également ſe meſurer par une perpendiculaire, abaiſſée à la ſurface ſupérieure de cette liqueur, ſur le prolongement de ſa baſe, & que cette hauteur eſt conſtamment la même dans tous les cas. Pl. 9, fig. 3.

(399) C'eſt ſur ce principe d'équilibre, concernant les liqueurs homogenes, qu'on Niveau d'eau.

a construit fort avantageusement une espece de niveau dont on fait un fréquent usage, & qu'on appelle *niveau d'eau*. Cet instrument est composé d'un tuyau de cuivre A B (plan. 9, fig. 4), recourbé en C & en D, & disposé de maniere qu'il peut se mouvoir en toutes sortes de sens sur un genou E. Dans les extrémités A & B du tuyau de cuivre, sont mastiqués deux tubes de verre *a b*, *c d*, par l'un desquels on introduit de l'eau légerement colorée, pour remplir l'instrument jusqu'à la moitié ou environ des tubes de verre.

pl. 9, fig. 4.

Cette machine étant ainsi disposée, on sait que l'eau se met exactement à la même hauteur perpendiculaire dans les deux tubes de verre. D'où il suit que deux points quelconques, qui répondront à la surface de l'eau compriſe dans les tubes *a b*, *c d*, seront nécessairement rangés dans le même plan horisontal.

Même loi pour les vaisseaux communiquans, dont les capacités seroient différentes.

(400) Cette loi générale d'équilibre que nous venons d'établir, a encore lieu, & se fait également observer, lors même que les vases qui communiqueroient entre eux, seroient de différens diametres, & qu'ils auroient des formes différentes; c'est ce qu'on

Digitized by Google

démontre facilement avec l'appareil que nous avons décrit (*Desc. & uſ. d'un Cab. de Phyſ. t. 1, pl. XX, fig. 1*). On y voit qu'un large & ſpacieux vaiſſeau, communiquant alternativement avec des tubes de différentes formes, & différemment inclinées, la liqueur qu'on y verſe, affecte conſtamment la même hauteur, & ſe trouve dans le même plan parallele à l'horiſon dans le réſervoir & dans les tubes.

La raiſon de ce phénomene ſe préſente naturellement à l'eſprit, en ſe rappellant que les parties des liquides agiſſent indépendamment les unes des autres, & conſéquemment qu'il n'y a dans le grand vaiſſeau que la ſeule colonne dont la baſe eſt commune avec celle qui s'éleve dans les tubes communiquans, qui agiſſe contre cette derniere. Or, cette colonne étant de même diametre, puiſque la baſe eſt commune, elle doit être en équilibre avec celle contre laquelle elle lutte, lorſque leur hauteur perpendiculaire eſt la même; puiſqu'elles ſont alors compoſées l'une & l'autre d'un même nombre de tranches égales & qui preſſent également.

(401) Cette propriété des liquides de ſe mettre conſtamment de niveau, & de s'élever à la même hauteur, dans les tubes com-

Application de cette loi à la conduite des eaux.

Digitized by Google

muniquans, fait la baſe de toute la théorie de la conduite des eaux. Les anciens qui ignoroient cette loi générale de la nature, étoient obligés de ſe conſtituer en frais immenſes, lorſqu'il s'agiſſoit de conduire des eaux à de très-grandes diſtances. De-là ces ſuperbes aqueducs des Romains, dont on voit encore les débris, & qu'ils avoient élevés avec tout l'art poſſible, pour faire paſſer l'eau d'une montagne à une autre. On ne peut diſconvenir, à la vérité, qu'ils ne fiſſent uſage de canaux ſouterreins pour conduire les eaux; mais ils ne s'en ſervoient que dans les circonſtances où ils avoient à les conduire d'un endroit plus élevé dans un plus bas, & on n'en trouve aucun qui s'éleve de nouveau, après être deſcendu le long d'une coline.

Les Modernes, mieux inſtruits des loix de l'hydroſtatique, ont ſu profiter de cette tendance qui maîtriſe les liqueurs, & qui les oblige à s'élever à la même hauteur dans des tubes communiquans. De-là, s'il s'agit de porter l'eau dans un endroit fort élevé, il ſuffit que le réſervoir, quelque éloigné qu'on le ſuppoſe, ne ſoit pas plus élevé que l'endroit d'où l'eau qu'on veut y amener tire

Digitized by Google

la ſource. Alors, à l'aide des tuyaux de conduite, qui deſcendent de la ſource, & qui s'élevent juſqu'au lieu de la deſtination de l'eau, on parvient à la conduire & à l'amener à cet endroit. Mais quoique la nature bienfaiſante nous procure cette facilité de tranſporter l'eau, ſans employer d'autres ſecours que celui des tuyaux de conduite, il ſe trouve néanmoins des difficultés, & c'eſt ce que nous allons examiner en peu de mots.

Obſervation ſur les tuyaux de conduite.

(402) Quoique l'eau, qui ſe tranſmet par des vaiſſeaux communiquans, s'éleve également haut dans les uns & dans les autres, il faut toujours avoir égard à ce que le réſervoir dans lequel on veut la conduire, ſoit un peu plus bas que la ſource ou l'étang d'où on la tire, & où les tuyaux de conduite prennent leur origine. Sans cette ſage précaution, l'eau parcourra, à la vérité, les tuyaux de conduite, mais elle n'en ſortira pas, & le réſervoir demeurera à ſec. Il faut donc de toute néceſſité que le réſervoir ſoit placé au-deſſous de la ſource. Or, dans cette diſpoſition, il eſt bon de remarquer, 1°. que l'eau ſe dégorgera, & que ſa dépenſe ſera d'autant plus grande, que le réſervoir ſera moins élevé; 2°. que ſi le réſervoir ſe trouve fort éloigné

Digitized by Google

de la source, il faut employer de plus grands tuyaux pour la conduite des eaux, parce que le frottement de l'eau devient plus considérable, à proportion qu'on se sert de plus petits tuyaux, ce qui diminue encore la dépense de l'eau.

Engorgement de ces tuyaux.

(403) Un obstacle plus grand encore, & auquel on ne peut apporter trop d'attention, c'est celui qui vient de la part de l'air qui passe avec l'eau dans les canaux, & qui les engorge & les obstrue en grande partie vers leur courbure supérieure, lorsqu'il sont obligés de suivre les inégalités du terrein, qui se trouve tantôt creux, tantôt élevé. Pour obvier à cet inconvénient, qui ne se décele qu'à la longue, on étoit anciennement dans l'habitude de percer avec un clou la courbure supérieure du canal, & de faire revenir le plomb autour du clou, afin de pouvoir reboucher l'ouverture, après avoir donné issue à l'air. Mais il arrive quelquefois que la masse d'air interceptée, est poussée à quelque distance au-delà de cette courbure, par l'effort de l'eau. Ce fut ce qui occasionna l'invention des *cavaliers*. Ce sont de petits tuyaux qui communiquent & avec la courbure supérieure, & au-delà, de part & d'autre, de cette cour-

Digitized by Google

bure, comme on peut l'observer (plan 9, fig. 5). Ces tuyaux s'ouvrent extérieurement, par le moyen d'un robinet. Lorsque la dépense de l'eau paroît diminuer, on a soin d'ouvrir le robinet; l'air engorgé s'échappe, & le tuyau de décharge fournit alors toute la quantité d'eau qu'il peut fournir, eu égard à ses dimensions & à la position du réservoir, par rapport à la source. Pl. 9, fig. 5

C'est encore à cette tendance naturelle que les liqueurs ont à s'élever à une même hauteur dans les tuyaux communiquans, que nous devons l'avantage de nous procurer des jets d'eau; mais nous aurons occasion d'en parler, lorsque nous traiterons des syphons.

ARTICLE TROISIEME.

Des loix particulieres de la pression & de l'équilibre des liqueurs hétérogenes.

(404) Les liqueurs hétérogenes, ou de différente densité, sont soumises aux mêmes loix que les liqueurs homogenes, quant à l'effet de leur pesanteur. Leurs parties, également mobiles entre elles, agissent indépendamment les unes des autres, & en toute

Digitized by Google

ſorte de ſens. Elles agiſſent de la même maniere, à raiſon de leur hauteur perpendiculaire ſur le fond des vaiſſeaux qui les contiennent, avec cette différence toutefois, que cette preſſion ne croît point en raiſon directe de la hauteur perpendiculaire de ces liqueurs.

De quelle maniere leur preſſion croît ſur le fond des vaiſſeaux qui les contiennent.

On conçoit aiſément qu'en diviſant, par tranches infiniment minces, égales & parralleles à la baſe, une maſſe d'un liquide hétérogene, chaque tranche fera ſupporter à celle qui eſt au-deſſous, l'effort que ſa gravité lui donne, & que le fond du vaſe ſera chargé de la ſomme de toutes les preſſions de chacune de ces tranches priſes enſemble: mais comme on ſuppoſe ce liquide hétérogene, toutes ces tranches ſéparément priſes, ne jouiront pas du même poids, & conſéquemment n'exerceront point une même preſſion. La preſſion totale contre le fond du vaſe, ne croîtra donc point, comme la hauteur perpendiculaire du liquide, au-deſſus de ce fond. Elle ſera donc tantôt plus grande, tantôt plus petite, quoique la hauteur du liquide demeure la même, ſuivant que cette maſſe, ou, pour mieux dire, ſuivant que la hauteur du liquide au-deſſus du fond, contiendra différentes do-

Digitized by Google

ſes de chacune des liqueurs hétérogenes qui compoſent, par leur réunion, la maſſe de liqueur hétérogene dont il eſt ici queſtion.

Suppoſons, par exemple, une maſſe de liqueurs hétérogenes renfermée dans un vaſe cylindrique, & qui s'éleve juſqu'à la hauteur d'un pied; ſuppoſons que cette maſſe ne ſoit compoſée que de deux eſpeces de liqueurs, telles que de mercure & d'eau: elle preſſera plus ou moins le fond du vaſe, ſuivant les différentes proportions ſelon leſquelles le mercure & l'eau ſeront combinés. Ce que nous obſervons ici, par rapport à ces deux eſpeces différentes de liquides, doit s'obſerver également par rapport à toute autre eſpece quelconque, en ſuppoſant toutefois que la maſſe liquide dont on voudra déterminer la preſſion contre le fond du vaſe, ſera plus ou moins compoſée de liquides hétérogenes, & ſuivant différentes proportions.

Lorſqu'il s'agira donc de déterminer la preſſion qu'une maſſe de liquide hétérogene exerce contre le fond d'un vaſe donné, il faudra néceſſairement examiner la preſſion particuliere de chacun des liquides qui font partie de la maſſe hétérogene, & prendre

la ſomme de ces preſſions. Or, ce que nous avons dit précédemment ſur la maniere de déterminer la preſſion des liqueurs homogenes, ſuffit pour réſoudre ce problême, puiſque la preſſion de chacun des liquides particuliers dont il eſt ici queſtion, n'eſt pas différente de celle des liqueurs homogenes.

Obſervation. (405) Nous ſuppoſons ici que chacun des liquides qui compoſent la maſſe hétérogene, eſt ſéparé de tout autre liquide de différente eſpece, & qu'ils ſont tous placés les uns au-deſſus des autres, comme il arrive, lorſque ces liqueurs n'ont aucune affinité pour ſe mêler enſemble, comme nous le ferons remarquer plus bas. Or, c'eſt ce qui arrive bien rarement. Il eſt très-difficile, pour ne pas dire impoſſible, qu'on trouve des liqueurs dont aucun des principes conſtituans n'ait aucune affinité avec quelques-uns de ceux d'une autre liqueur. De-là ces combinaiſons variées, plus ou moins parfaites, qui réſultent néceſſairement du mélange de deux ou de pluſieurs liqueurs. De-là ces phénomenes ſinguliers que le haſard découvre, & que tout l'art du Chymiſte n'auroit pu ſoupçonner. Il ne paroît donc pas poſſible de déterminer exactement, & avec la plus

Digitized by Google

grande certitude, la preſſion que le mélange de pluſieurs liqueurs hétérogenes exerce contre le fond du vaſe qui le contient, en ajoutant ſimplement enſemble les preſſions particulieres que chacun des liquides exerce à raiſon de ſa hauteur & de ſa baſe. Il faut donc néceſſairement avoir égard aux mêlanges qui peuvent faire varier la denſité naturelle de chacun de ces liquides en particulier. Mais cette extrême exactitude devient, pour l'ordinaire, inutile; & nous ne ſommes entrés dans ce détail, que pour faire ſentir combien on doit apporter de précautions, lorſqu'on veut avoir des réſultats parfaitement exacts en pareilles circonſtances. On ſe contentera donc de la loi générale que nous avons établie ci-deſſus (404); ſavoir, que la preſſion d'une maſſe de liquide hétérogene contre le fond du vaſe qui la porte, eſt égale à la ſomme des preſſions particulieres de chacun des liquides qui concourent à former cette maſſe.

Deux loix particulieres à la preſſion & à l'équilibre des liqueurs hétérogenes.

(406) Si les liqueurs hétérogenes participent à la loi générale de la preſſion des liqueurs homogenes; ſi cette preſſion eſt en raiſon compoſée de la baſe & de la hauteur, elles ſont ſoumiſes à une loi particuliere qui

Digitized by Google

n'a aucun rapport à la précédente. Leur équilibre dépend également d'une loi qui leur eſt propre, & qui ne convient qu'à cette eſpece de liqueurs.

La différence dans leur denſité, ſuffit pour ſéparer des liqueurs renfermées dans le même vaſe.

(407) Quant à leur preſſion, on démontre que ſi pluſieurs liqueurs hétérogenes ſont renfermées dans le même vaſe, les plus denſes, celles qui peſent davantage, ſous le même volume, occuperont la partie inférieure du vaſe, & même la ſeule différence entre leurs denſités, ſuffira pour les ſéparer les unes des autres, dans le cas où on viendroit à les mêler enſemble, en ſuppoſant toutefois que rien ne s'oppoſeroit trop fortement à leur ſéparation. Chacune de ces liqueurs ſe diſtribuera donc ſelon la hauteur du vaſe, de façon que la plus légere occupera la partie ſupérieure, & ainſi de ſuite, ſuivant l'ordre de leurs peſanteurs ſpécifiques.

Expérience qui confirme cette vérité.

C'eſt ce qui arrive, lorſqu'on agite un vaiſſeau qui contient du mercure, de l'huile de tartre, de l'eſprit-de-vin, & de l'huile de pétréole (*Deſc. & uſ. d'un Cab. de Phyſ. t. 1, plan. XX, fig. 3*). Ces liqueurs ſe ſéparent enſuite les unes des autres, lorſqu'on laiſſe le vaſe en repos, & elles reprennent chacune la place qui eſt due à leur peſanteur

Digitized by Google

ſpécifique. Le mercure ſe précipite au fond, l'huile de tartre ſe place au-deſſus du mercure, l'eſprit-de-vin vient enſuite, & l'huile de pétréole, comme plus légere que les trois autres, occupe la partie ſupérieure du vaiſſeau.

Cet effet n'a lieu que parce que les fluides dont il eſt ici queſtion, n'ont point une affinité marquée pour ſe mêler & ſe combiner enſemble, & parce qu'ils ne ſont point aſſez diviſés pour ſe toucher par un aſſez grand nombre de points. La différence de leur denſité ſuffit donc pour les ſéparer les uns des autres, après qu'on les a mêlés enſemble. Il n'en ſeroit pas ainſi, ſi on mêloit des fluides de différente denſité, tels que de l'eau & du vin, de l'eſprit-de-vin & de l'eau, &c. Quoique ces liqueurs, comparées les unes aux autres, aient des denſités différentes, celles-ci ne ſuffiſent point pour les ſéparer. Si on les agite, & ſi on les bat enſemble, comme il arrive aſſez ordinairement, lorſqu'on verſe bruſquement de l'eau dans du vin, ces liquides ſe combinent, & ne ſe ſéparent plus. La raiſon de ce phénomene peut dépendre de pluſieurs cauſes, ſuivant les circonſtances qui les accompagnent.

Digitized by Google

L'eau & le vin, par exemple, ne different que très-peu de denſité. Il y a même certains vins qui ſont auſſi peſans que l'eau. La cauſe qui tend à les ſéparer, n'agit donc que foiblement, tandis que l'obſtacle qui s'oppoſe à leur ſéparation, agit plus puiſſamment. Cet obſtacle vient de l'affinité que ces deux liqueurs ont à ſe combiner entre elles; & cette affinité que les Chymiſtes démontrent, & que nous avons fait aſſez amplement connoître (appendix, ſection II), dépend d'une cauſe dont nous ne connoiſſons encore bien que l'exiſtence & les loix les plus générales. Peut-être cependant que l'affinité que nous obſervons ici entre le vin & l'eau, ne dépend que d'une certaine convenance dans la grandeur, la figure & les ſurfaces des parties de ces ſortes de liquides. Peut-être ces deux liqueurs ne ſe ſéparent-elles point l'une de l'autre, après leur mêlange, qu'à raiſon du frottement qu'elles auroient à eſſuyer, & qu'elles ne ſont point en état de vaincre, ou dont la force eſt ſupérieure à celle avec laquelle leur peſanteur ſpécifique tend à les ſéparer.

Ce raiſonnement, ſi plauſible & ſi conforme aux loix de la Nature, paroît aſſez

Digitized by Google

confirmé par le mêlange de l'huile & du vin : car quoique ces deux liquides ſoient d'une denſité bien différente ; quoiqu'ils ne paroiſſent avoir aucune affinité pour ſe combiner enſemble, on parvient néanmoins à les unir & à les incorporer tellement l'un avec l'autre, qu'ils ne forment plus qu'un même tout, une même maſſe, & cette maſſe acquiert même dans ce mêlange une conſiſtance plus ou moins marquée.

En effet, lorſqu'on bat enſemble ces deux liquides, on les diviſe en petites parcelles ; on multiplie conſidérablement, par ce moyen, la grandeur des ſurfaces par leſquelles ils ſe touchent. De-là la différence de leur denſité devient inſuffiſante pour vaincre le frottement qu'ils ont à eſſuyer pour ſe ſéparer. Ajoutez encore que la viſcoſité de l'un de ces deux liquides peut contribuer à augmenter ce frottement, & mettre un nouvel obſtacle à leur ſéparation.

On eſt donc obligé, ſur-tout dans le cas où la différence dans la denſité des liquides ne ſuffit pas pour les ſéparer, d'avoir recours à quelques procédés particuliers, pour éviter qu'ils ne ſe mêlent & qu'ils ne ſe touchent par de trop grandes ſurfaces. On ſe ſert fort

On peut encore, à l'aide de quelques procédés particuliers, empêcher le mêlange des liqueurs qui tendroient à ſe combiner.

Digitized by Google

avantageuſement pour cela, d'un inſtrument particulier auquel on a donné le nom de *paſſe-vin*, & on le conſtruit de différentes manieres, ainſi que nous l'avons indiqué dans notre Ouvrage intitulé (*Deſc. & uſ. d'un Cab. de Phyſ. t. 2, pl. XX, fig. 5, 6*).

Expérience qui confirme cette vérité.

Le vin renfermé dans la capacité inférieure de ce vaiſſeau, ſe tamiſe, pour ainſi dire, à travers la maſſe d'eau dont on remplit la partie ſupérieure du même vaiſſeau, qui n'eſt ſéparée de la premiere que par un très-petit canal. Il ſe filtre, à proportion que l'eau, comme ſpécifiquement plus peſante, ſe précipite au fond de ce vaiſſeau, & oblige le vin qui l'occupe à lui céder la place. Ces deux liqueurs ne ſe mêlent point dans cette expérience, ou elles ne ſe mêlent point ſenſiblement, parce qu'elles ſe touchent alors par de très-petites ſurfaces.

Application de cette théorie.

(408) Il ſuffit donc que les liquides qui auroient de l'affinité pour ſe mêler enſemble, ne ſe pénétrent point trop bruſquement, & ne ſe touchent point par de trop grandes ſurfaces, pour qu'ils puiſſent ſe ſéparer & ſe placer ſuivant le rang que leur aſſigne leur peſanteur ſpécifique. C'eſt pour cette raiſon que ſi on remplit de mercure un tube fermé hermétiquement

Expérience qui la confirme.

Digitized by Google

hermétiquement d'un côté, & qu'on plonge perpendiculairement ce tube dans une masse d'eau, tout le mercure se précipitera au fond de l'eau, tandis qu'une colonne d'eau viendra occuper la place du mercure, & remplir le tube. Si on le plonge alors dans une masse de vin, il arrivera encore la même chose; l'eau se précipitera, & une colonne de vin s'emparera de sa place. Si on le plonge ensuite dans une liqueur moins pesante que le vin, supposons dans de l'huile, on verra encore la colonne de vin descendre au fond du vase, & céder la place qu'elle occupe à une colonne d'huile qui s'élevera dans le tube.

C'est en vertu du même principe, que si on renverse une bouteille pleine d'eau, & qu'on introduise le col de cette bouteille par l'ouverture qu'on pratique ordinairement sur le ventre d'un tonneau, & que ce tonneau soit assez rempli de vin, pour que le col de la bouteille puisse plonger dans cette dernière liqueur, l'eau comprise dans la bouteille se précipitera au fond du tonneau, & une semblable quantité de vin s'élevera à proportion dans la capacité de la bouteille pour la remplir.

Un liquide plus léger peſe ſur un plus peſant.

(409) Quoique des liquides ſpécifiquement plus légers, mêlés avec d'autres liquides ſpécifiquement plus peſans, ſe ſéparent & s'élevent au-deſſus de ces derniers, ils n'en conſervent pas moins leur tendance vers le fond du vaſe dans lequel s'opere cette ſéparation. Ils exercent, malgré cela, leur preſſion contre les liquides plus peſans qui ſe trouvent au-deſſous, & ils augmentent conſéquemment la preſſion que ces derniers font éprouver au fond du vaſe qui les porte; & c'eſt ce qui ſuit manifeſtement de la théorie que nous avons expoſée précédemment (404), & ce qu'on peut facilement démontrer en ſe ſervant de l'appareil que nous avons indiqué (*Deſc. & uſ. d'un Cab. de Phyſ. t. 1, plan. XX, fig. 7*). On peut encore faire l'expérience d'une maniere plus ſimple, en plongeant un tube capillaire dans une maſſe d'eau colorée. On verra cette liqueur s'élever dans le tube, au-deſſus du niveau de la ſurface de l'eau, à une hauteur plus ou moins grande, ſuivant le diametre du tube qu'on emploiera dans cette expérience, ainſi que nous aurons occaſion de le faire plus particuliérement obſerver (art. cinquieme). Si on marque alors avec un fil, lié autour du

Expérience qui confirme cette vérité.

Digitized by Google

tube, la hauteur à laquelle l'eau colorée s'éleve, & qu'on verſe pardeſſus la maſſe d'eau une liqueur beaucoup moins peſante, telle, par exemple, que de l'eſprit-de-vin, de l'huile de térébenthine, &c. on obſervera alors que la liqueur s'élevera encore dans le tube capillaire, à raiſon de la quantité plus ou moins grande d'eſprit-de-vin, ou d'huile de térébenthine qu'on aura verſée pardeſſus l'eau; ce qui prouve manifeſtement que la preſſion de l'eau contre le fond du vaſe, eſt augmentée par celle de l'eſprit-de-vin, ou de l'huile de térébenthine qu'on aura verſé pardeſſus (1).

Telles ſont les loix particulieres à la preſſion des liqueurs hétérogenes. La ſuivante eſt relative à leur équilibre, & renferme en elle ſeule tout ce qui peut y avoir rapport.

(410) Deux liqueurs hétérogenes qui agiſſent l'une contre l'autre, par le moyen de deux tubes communiquans, ſont en équilibre entre elles, lorſque leurs hauteurs perpendiculaires ſont en raiſon inverſe de leurs denſités.

On ſait que le mercure peſe environ qua-

(1) Boyle, paradox. hydroſt.

Digitized by Google

torze fois plus que l'eau. Il y aura donc équilibre entre une colonne d'eau & une colonne de mercure, lorſque la colonne d'eau ſera près de quatorze fois plus longue que celle de mercure, la baſe étant la même ; & c'eſt ce que l'expérience confirme avec préciſion.

Expérience qui démontre la certitude de cette loi.

On verſe dans l'un des deux tubes communiquans, une quantité donnée de mercure ; il s'éleve également dans l'une & dans l'autre branche du tube. On verſe alors de l'eau pardeſſus ; la preſſion de ce dernier liquide, quoique ſpécifiquement moindre que celle du mercure, oblige néanmoins ce dernier à paſſer dans la branche communiquante. Si on ceſſe de verſer de l'eau dans le premier tube, dès que l'origine de la colonne de mercure répond à la naiſſance du ſecond tube, & qu'on examine la hauteur à laquelle les deux liqueurs ſont alors élevées dans leurs tubes, on verra que la colonne d'eau eſt treize fois deux tiers, ou près de quatorze fois plus longue que la colonne de mercure. On ſe ſert commodément, pour faire cette expérience, de l'appareil que nous avons expoſé (*Deſc. & uſ. d'un Cab. de Phyſ. t. 1, plan. XX, fig. 8*). Le tube communiquant étant établi ſur une planche graduée, on

Digitized by Google

voit, sur le champ, & sans qu'il soit nécessaire de les mesurer, les hauteurs respectives des deux liqueurs.

Si les liqueurs hétérogenes n'avoient aucune affinité pour se combiner ensemble, lorsque leurs surfaces sont en contact, & qu'elles ont une base commune, cette expérience fourniroit un très-bon moyen de connoître leurs pesanteurs respectives. Mais parmi ces différens liquides, il y en a plusieurs qui ne peuvent se toucher sans se mêler. Ce moyen devient donc alors impraticable, & conséquemment ne doit point être regardé, ainsi que quelques-uns le prétendent, comme une méthode fort exacte de déterminer la pesanteur respective des liquides.

On ne peut, à la vérité, disconvenir que ce procédé ne fût fort ingénieux & fort simple en même temps, s'il étoit possible d'éviter les mêlanges qui pourroient avoir lieu en quantité de circonstances. On conçoit, en effet, parfaitement, qu'il ne peut y avoir équilibre entre deux liquides hétérogenes, lorsqu'ils agissent l'un contre l'autre dans des tubes communiquans, que leur hauteur perpendiculaire au-dessus de la base commune, ne soit en raison réciproque de leurs den-

Digitized by Google

ſités, puiſque la baſe étant la même pour l'un & pour l'autre, la preſſion doit être la même de part & d'autre, ſi l'excès de l'élévation d'un des liquides au-deſſus de la baſe, eſt exactement compenſée par l'excès de denſité de l'autre liquide qui agit contre la même baſe.

Application de ce principe dans l'aréometre à pompe.

(411) Ce fut ce principe, ſi ſimple & ſi propre à ſatisfaire la curioſité du Phyſicien, ſur les denſités reſpectives des liqueurs, qui fit naître l'idée de *l'aréometre à pompe*, que nous avons décrit dans notre Ouvrage intitulé: (*Deſc. & uſ. d'un Cab. de Phyſ. plan. XX, fig. 9*). Deux tubes communiquans plongent ſéparément dans les liqueurs dont on veut éprouver les denſités reſpectives. Une pompe montée ſur la croſſe de ces tubes, raréfie également l'air compris dans leurs capacités, & la preſſion de l'air extérieur agiſſant également ſur la ſurface des liqueurs, les oblige à s'élever dans ces tubes, & elles s'y élevent à des hauteurs qui ſont en raiſon réciproque de leurs denſités. La force, en effet, qui les oblige à s'élever dans ces tubes, étant ſtrictement la même, ces liqueurs réſiſtent à leur élévation à raiſon de leurs denſités; elles s'élevent donc d'autant moins

Digitized by Google

qu'elles réſiſtent davantage à cet effet, & conſéquemment, on peut juger de leurs denſités par leur élévation dans l'intérieur des tubes. Quelqu'exacte que paroiſſe cette méthode pour juger de la peſanteur ſpécifique des liqueurs, nous en indiquerons d'autres également ſimples & plus uſitées; mais elles ſuppoſent des connoiſſances que nous développerons dans l'article ſuivant.

ARTICLE QUATRIEME.

Des loix de la preſſion & de l'équilibre des ſolides plongés dans les liquides.

(412) Comme il s'agit ſpécialement dans cet article, des peſanteurs ſpécifiques des ſolides & des liquides, nous croyons devoir nous arrêter un moment à quelques conſidérations relatives à cet objet, & donner une idée plus étendue que nous ne l'avons fait précédemment (49) de cette eſpece de peſanteur.

(413) La *peſanteur ſpécifique* n'eſt autre choſe (49) que le poids d'un corps comparé à ſon volume: d'où il ſuit que le poids d'un corps donné, étant double de celui d'un

De la peſanteur ſpécifique en général.

autre corps de même volume, ſa peſanteur ſpécifique eſt double. C'eſt pour cette raiſon qu'on regarde le mercure comme ayant une peſanteur ſpécifique quatorze fois plus grande, ou environ, que celle de l'eau, parce qu'il peſe près de quatorze fois davantage que ce dernier liquide ſous le même volume.

Il ſuit encore de ce principe, que ſi la denſité de deux corps eſt la même dans l'un & dans l'autre, leur peſanteur ſpécifique ſera exactement comme leur volume. Par conſéquent, ſi l'un des deux a quatre fois plus de volume que le premier, leurs peſanteurs ſpécifiques ſeront dans le rapport de 4 à 1.

Mais ſi les denſités & les volumes de deux corps ſont différens, on trouvera que leurs denſités ſont en raiſon compoſée de la raiſon directe des quantités de matiere qu'ils comprendront, & de la raiſon réciproque de leurs volumes; c'eſt-à-dire, que la peſanteur ſpécifique du premier, ſera à la peſanteur ſpécifique du ſecond, comme le produit de la maſſe ou du poids du premier, multipliée par le volume du ſecond, eſt au produit de la maſſe de celui-ci, multipliée par le volume du premier.

Suppoſons, en effet, que le corps A & le

Digitized by Google

corps B (plan. 10, fig. 1,) different en volumes & en denſités, & qu'on ſe propoſe de trouver le rapport entre les denſités de ces deux corps, ou leur peſanteur ſpécifique. Pl. 10, fig. 1.

Retranchez du corps B la partie C, que nous ſuppoſons parfaitement égale au volume du corps A. On aura alors deux corps A & C, dont les volumes ſeront parfaitement égaux. Les denſités de ces deux corps, ou leurs peſanteurs ſpécifiques, ſeront donc comme les quantités de matiere qu'ils comprendront ſéparément. Mais par la ſuppoſition, la denſité de C eſt la même que celle de B, & ils ne different entre eux que par leurs volumes. La peſanteur ſpécifique de C, ſera donc à celle de B, comme le volume de C eſt au volume de B.

Maniere de déterminer la peſanteur ſpécifique de deux corps qui different en denſité & en volume.

Par conſéquent, la peſanteur ſpécifique du corps A, comparée à celle du corps B, ſera en raiſon compoſée de la quantité de matiere compriſe dans le corps A, comparée à celle que contient le corps B, & du volume du corps A, comparé au volume du corps B.

De-là, ſi on exprime par q, la quantité de matiere compriſe dans le corps A, & par Q, celle que contient le corps B: ſi, outre cela, le volume de C eſt exprimé par v, &

Digitized by Google

celui du corps B par V : enfin, ſi on nomme *d* la denſité ou la peſanteur ſpécifique du corps C, & D celle du corps B, on aura la proportion ſuivante. *q* eſt à Q, comme *d v* eſt à D V ; c'eſt-à-dire, que les quantités de matiere renfermées dans ces deux corps, ſeront entre elles, comme leurs denſités multipliées par leurs volumes.

Or, ſi on multiplie les deux extrêmes de cette proportion *q* & D V, l'un par l'autre, ainſi que les deux moyens Q & *d v*, on aura les deux produits *q* D V & Q *d v*, qui ſeront égaux, puiſque, dans toute proportion géométrique, le produit des extrêmes eſt toujours égal au produit des moyens, & on en déduira la proportion ſuivante. *d* eſt à D, comme *q* V eſt à Q *v* ; c'eſt-à-dire, que les denſités, ou les peſanteurs ſpécifiques de ces deux corps, ſeront en raiſon compoſée de la directe des quantités de matiere, & de l'inverſe des volumes. Donc les peſanteurs ſpécifiques de deux corps qui different en denſité & en volume, ſont en raiſon compoſée de la directe des quantités de matiere & de l'inverſe des volumes ; & c'eſt un principe général dont les applications ſont très-fréquentes.

Digitized by Google

(414) Pour ſuivre un certain ordre dans le cours de cet article, nous obſerverons qu'un corps plongé dans un liquide donné, peut être de même peſanteur ſpécifique que ce liquide, ou d'une peſanteur ſpécifique différente : dans ce dernier cas, il peut être ſpécifiquement plus ou moins peſant. De même peſanteur ſpécifique que le liquide, il demeure en équilibre dans tous les endroits de la maſſe de liquide où on le porte. Plus peſant, il ſe précipite au fond du liquide. Plus léger, il ſurnage plus ou moins, ſuivant que la peſanteur ſpécifique differe plus ou moins de celle du liquide dans lequel il eſt plongé. On repréſente aſſez ordinairement ces trois phénomenes par une expérience très-ſimple. On fait plonger dans une bouteille cylindrique, ou approchant de cette forme, une petite figure d'émail, qu'on connoît en Phyſique, ſous le nom de *ludion.* Sa peſanteur ſpécifique eſt diminuée par une petite ampoule de verre, attachée à la tête de cette figure, & ouverte d'un très-petit trou, pour que l'eau de la bouteille puiſſe s'y introduire & en ſortir librement. (*Deſc. & uſ. d'un Cab. de Phyſ. t. 2, pl. XXI, fig. 2.*) Le tout doit être ſpécifiquement

Trois circonſtances à conſidérer dans les corps plongés.

Expérience qui démontre ce qui arrive dans ces trois circonſtances.

Digitized by Google

moins peſant que l'eau. La figure ſurnage donc l'eau renfermée dans la bouteille. Si on vient à preſſer le bouchon qui la ferme, l'eau pénetre dans l'ampoule, & la figure devenant plus peſante par cette addition, elle ſe précipite au fond du vaſe. Ceſſe-t-on de preſſer le bouchon: l'air renfermé dans l'ampoule de verre, ſe dilate & ſe rétablit dans ſon premier état. Il chaſſe donc la quantité d'eau qui s'étoit introduite dans cet eſpace, & le poids de la figure, ou du ſyſtême de corps diminuant à proportion, le tout devient ſpécifiquement moins peſant que l'eau, & la figure remonte au haut de la phiole. Si on ménage la preſſion au point de n'introduire dans l'ampoule que la quantité d'eau néceſſaire pour que la peſanteur ſpécifique du ſyſtême de corps ſoit égale à celle de l'eau, la figure demeure alors en équilibre dans la place où elle ſe trouve.

Un ſolide de même peſanteur ſpécifique que le liquide dans lequel il eſt plongé, ſe tient en équilibre partout où il ſe trouve plongé.

(415) On conçoit, en effet, que la peſanteur ſpécifique d'un ſolide, étant égale à celle du liquide dans lequel il eſt plongé, la colonne de liquide qui le porte, n'eſt ni plus ni moins chargée, par l'addition de ce corps, qu'elle l'étoit précédemment, par le volume de liquide qu'il vient de déplacer. Or, lorſque

Digitized by Google

ce volume de liquide faiſoit partie de la colonne de liquide dont il eſt ici queſtion, elle étoit en équilibre avec les colonnes collatérales. Elle doit donc encore conſerver ſon équilibre avec ces mêmes colonnes, lorſque ce volume étant déplacé, on ſubſtitue à ſa place un corps qui produit le même effet par ſa preſſion. Un corps également peſant qu'un pareil volume de liquide, doit donc être en équilibre, & demeurer en repos dans tous les endroits quelconques de la maſſe de ce liquide dans lequel on le plonge.

C'eſt pour cette raiſon qu'une goutte d'huile d'anis, qui eſt de même peſanteur ſpécifique que pluſieurs vins rouge de France, ſe tient en équilibre dans ces ſortes de vins, ſoit qu'on la poſe à leur ſurface, ſoit qu'on l'introduiſe en différens endroits de leur maſſe (note 2).

Note 2.

Expérience qui confirme cette vérité.

On peut aiſément répéter cette expérience, ſans s'aſtreindre à trouver les eſpeces de vins qui ſont de même peſanteur ſpécifique que l'huile d'anis, & on peut même faire uſage de toute autre eſpece d'huile. Il ne s'agit, pour cela, que de mêler de l'eſprit-de-vin avec le vin dont on ſe ſert, de façon que le mixte, réſultant de ce mêlange, ſoit de même

Digitized by Google

peſanteur ſpécifique que l'huile qu'on emploie; & voici comment il faut procéder.

Laiſſez tomber une goutte d'huile d'olives, par exemple, ſur la ſurface d'une petite quantité de vin compriſe dans un verre. L'huile, comme plus légere, s'enfoncera très-peu dans le vin, dont la peſanteur ſpécifique eſt plus grande que celle de cette huile. Verſez lentement de l'eſprit-de-vin pardeſſus, ce dernier liquide, en ſe combinant avec le vin, formera un mixte dont la peſanteur ſpécifique deviendra plus petite que n'étoit celle du vin avant le mêlange. La goutte d'huile ſe plongera donc davantage dans le mêlange, & s'arrondira. Continuez à verſer de l'eſprit-de-vin, juſqu'à ce que la goutte d'huile ſoit tout-à-fait globuleuſe, & qu'elle n'excede point la ſurface du mêlange. Alors la peſanteur ſpécifique de ce dernier, ſera égale à celle de l'huile, & on pourra porter cette goutte dans tous les endroits de la maſſe du mixte, & elle y demeurera en équilibre.

La rondeur que cette goutte acquiert à proportion qu'elle s'enfonce dans le mêlange, vient de la preſſion uniforme qu'elle ſupporte de la part des parties du mêlange qui l'enveloppent. Nous avons, en effet, dé-

Digitized by Google

montré (376), qu'un corps plongé dans un liquide, y éprouvoit une preſſion uniforme en toutes ſortes de ſens.

La théorie d'un corps de même peſanteur ſpécifique que le liquide dans lequel il eſt plongé, emporte peu d'applications particulieres avec elle. Il n'en eſt pas de même de celle qui concerne les corps ſpécifiquement plus ou moins peſans que le liquide dans lequel ils plongent. Cette derniere mérite donc plus particuliérement notre attention; & pour la traiter avec plus d'ordre, nous la diviſerons en deux paragraphes. Nous traiterons dans le premier, des loix de la preſſion & de l'équilibre des ſolides ſpécifiquement plus peſans que les liquides dans leſquels ils plongent; & dans le ſecond, des mêmes loix relativement aux ſolides d'une moindre peſanteur ſpécifique que les liquides.

Diviſion de cet article.

PARAGRAPHE PREMIER.

Des loix de la preſſion & de l'équilibre des ſolides ſpécifiquement plus peſans que les liquides dans leſquels ils ſont plongés.

(416) Un corps ſpécifiquement plus peſant que le liquide dans lequel on le plonge,

Un corps ſpécifiquement plus peſant qu'un liquide.

Digitized by Google

donné, s'y précipite.

s'enfonce & ſe précipite au fond de ce liquide. On conçoit, en effet, que, quelque ſoit le poids de ce corps, la colonne qui le porte, en eſt ſurchargée. De là, cette colonne acquiert un excès de preſſion contre le fond du vaſe : elle preſſe plus que les colonnes collatérales qui l'enveloppent : l'équilibre, entre ces différentes colonnes, ſe trouve donc rompu. La colonne ſurchargée par l'addition du ſolide, exerçant une plus forte preſſion contre le fond du vaſe, & éprouvant de ſa part une réſiſtance invincible reflue, en ſe précipitant, dans les colonnes collatérales : mais elle ne peut s'abaiſſer ou ſe précipiter, que le ſolide qu'elle porte, ne ſe précipite avec elle, & il ſe précipite juſqu'au fond du vaiſſeau, puiſque la même cauſe qui l'a déterminé à deſcendre, continue à le maîtriſer juſqu'à ce qu'il ſoit parvenu en cet endroit : l'eſpace vuide qu'il laiſſe pendant ſa chûte, ſe remplit aux dépens des colonnes collatérales, parce que ces colonnes étant extrêmement mobiles, & n'étant point ſoutenues alors, elles s'épanchent néceſſairement.

Un corps plus peſant qu'un pareil volume de liquide, ſe précipite donc au fond de ce liquide,

liquide, lorſqu'on l'y plonge; mais s'y précipite-t-il avec tout ſon poids? C'eſt ce qu'il eſt important d'examiner.

(417) Nous avons démontré ci-deſſus (415) qu'un ſolide de même peſanteur ſpécifique que le liquide dans lequel on le plonge, reſte en équilibre dans tous les endroits de la maſſe liquide dans laquelle il ſe trouve plongé, puiſqu'alors il produit le même effet que le volume de liquide dont il prend la place. La colonne de liquide, qui porte un corps d'une plus grande peſanteur ſpécifique, doit donc néceſſairement ſoutenir une partie du poids de ce corps: il ne peut donc ſe précipiter qu'avec l'excès de ſon poids, & c'eſt ce que l'expérience juſtifie parfaitement; lorſqu'on ſuſpend un corps quelconque, ſuppoſons une bille d'yvoire, au-deſſus du baſſin d'une balance, & qu'après l'avoir miſe en équilibre avec un contrepoids ſuffiſant, on la fait plonger dans un liquide. On voit auſſi-tôt que l'équilibre eſt rompu en faveur du contrepoids, & qu'il devient prépondérant. Or, cet effet ne peut avoir lieu, qu'une partie du poids du corps plongé ne ſoit ſoutenue par le liquide dans lequel il plonge.

Un corps ſpécifiquement plus peſant qu'un liquide, ne ſe précipite dans ce liquide, qu'à raiſon de ſon excès de poids.

Expérience qui confirme cette vérité.

Nous nous ſervons, pour cette expérience

Digitized by Google

& les ſuivantes, d'une balance très-exacte, très-mobile, & appropriée à ces ſortes d'expériences. Nous l'avons décrite, ainſi que ſes dépendances, ſous le nom de *balance hydroſtatique* (*Deſc. & uſ. d'un Cab. de Phyſ. t. 1, pl. XXI, fig. 2*).

Il ſeroit facile de connoître la quantité que le corps plongé perd de ſon poids dans cette expérience; il ne s'agiroit, pour cela, que de faire attention au nouveau contrepoids qu'il faudroit ajouter pour rétablir l'équilibre: mais cette maniere de procéder ne ſeroit que relative au corps qui ſeroit ſoumis à cette expérience; & il importe, en hydroſtatique, de connoître en général ce qu'un corps ſpécifiquement plus peſant que le liquide dans lequel on le plonge, perd de ſon poids, par ſon immerſion. La propoſition ſuivante ſatisfera à cette queſtion.

Loi générale concernant la perte qu'un ſolide fait de ſon poids par ſon immerſion.

(418) Tout corps plus peſant qu'un pareil volume de liquide, perd de ſon poids, lorſqu'il eſt entiérement plongé dans ce liquide, autant que peſe le volume de liquide dont il occupe la place.

Si ce corps, en effet, étoit de même peſanteur ſpécifique que le liquide dans lequel il eſt plongé, il eſt conſtant qu'il y produiroit

Digitized by Google

le même effet que la maſſe liquide dont il occuperoit la place, & qu'il y ſeroit en équilibre de la même maniere que le volume de liquide qu'il déplaceroit. La colonne d'eau qui le ſupporte, & les colonnes collatérales qui l'enveloppent, ne peuvent donc ſoutenir que la partie du poids de ce corps, qui ſe trouve égale au poids du volume d'eau déplacé. Il ne peut donc perdre de ſon poids, qu'autant que peſe le volume d'eau qu'il remplace; & l'expérience eſt parfaitement d'accord avec cette théorie.

Expérience qui confirme la certitude de cette loi.

Ayez deux cylindres, l'un ſolide, & l'autre creux, & tellement conſtruits l'un ſur l'autre, que le cylindre ſolide rempliſſe exactement la capacité de celui qui eſt creux. La concavité de ce dernier repréſentera donc parfaitement le volume du cylindre ſolide, & conſéquemment le volume de liqueur qu'il déplacera par ſon immerſion. Suſpendez le cylindre ſolide au-deſſous de celui qui eſt creux, & l'un & l'autre au-deſſous de l'un des baſſins de la balance hydroſtatique, & mettez-les en équilibre avec un contrepoids approprié, que vous placerez dans le baſſin oppoſé de la balance. Cela fait, diſpoſez la balance de maniere que le cylindre ſolide

Digitized by Google

plonge entiérement dans une maſſe d'eau, & vous obſerverez qu'il perdra alors une partie de ſon poids, & que le baſſin oppoſé de la balance prévaudra. Voulez-vous rétablir l'équilibre, & connoître préciſément ce que ce cylindre perd de ſon poids par ſon immerſion? Rempliſſez de la même eau le cylindre creux, & l'équilibre ſera parfaitement rétabli. Or, en rempliſſant d'eau ce cylindre, vous ne faites préciſément que charger le bras de la balance du poids du volume d'eau déplacé par l'immerſion du cylindre ſolide. Il perd donc, par cette immerſion, une quantité de poids égale au poids du volume d'eau dont il occupe la place.

Autre *Expérience* qui confirme cette vérité.

Voulez-vous confirmer, par une expérience aſſez ſimple, que cet effet répond parfaitement à l'état de la queſtion, & que le poids du cylindre ſolide n'influe en rien ſur le réſultat de cette expérience? Au lieu d'un cylindre ſolide, ayez-en un qui ſoit creux, & fermé par un bouchon à vis: il ſuffit ſeulement qu'il ſoit ſpécifiquement plus peſant que le liquide dans lequel on le plonge, & lorſque vous aurez répété cette expérience, & rétabli l'équilibre, en rempliſſant le cylindre creux, répétez-la une ſeconde

Digitized by Google

fois, après avoir rempli le cylindre principal de menu plomb. Son poids sera incomparablement plus grand que dans le premier cas ; or malgré cela l'expérience réussira de la même maniere. Vous rappellerez exactement l'équilibre, en remplissant de la même liqueur le cylindre creux.

(419) Plusieurs Physiciens répétent cette expérience d'une maniere tout-à-fait différente, mais le résultat en est toujours le même, & confirme également la certitude de la loi générale que nous avons établie. Autre maniere de faire cette expérience.

Ils remplissent d'abord d'eau le cylindre creux, au-dessous duquel ils suspendent le cylindre solide, & ils mettent le tout en équilibre avec un contrepoids suffisant. Ils font ensuite plonger le cylindre solide dans une masse d'eau, & ils observent alors que l'équilibre est rompu en faveur de ce cylindre, & qu'il devient prépondérant. Le bras de la balance qui le porte, trébuche, & il s'enfonce plus profondément dans l'eau. Ils évacuent alors le cylindre creux, & l'équilibre se restitue.

Or, on voit manifestement ici que le contrepoids qui tient le tout en équilibre, est égal au poids du cylindre creux & du

Digitized by Google

cylindre ſolide, & en même temps au poids du volume d'eau déplacé par l'immerſion du cylindre; ce qui prouve également qu'il perd de ſon poids autant que peſe le volume d'eau dont il prend la place.

Le poids qui reſte à ſoutenir dans un pareil corps, n'eſt donc autre choſe que l'excès de ſon poids total ſur celui d'un pareil volume de liquide, & c'eſt, à proprement parler, ce qu'on appelle la peſanteur ſpécifique; mais nous aurons occaſion d'en parler plus particuliérement ci-deſſous, & d'indiquer une méthode exacte pour déterminer cette eſpece de peſanteur.

(420) Pour peu qu'on réfléchiſſe ſur l'expérience précédente, on en inférera deux corollaires, dont les applications peuvent

Corollaire I. devenir très-intéreſſantes. 1°. Plus un corps plongé dans un liquide, aura de volume, toutes choſes égales d'ailleurs, plus il perdra de ſon poids.

Corollaire II. 2°. Le même corps plongé dans différens liquides, y perdra d'autant plus de ſon poids, que ces liquides auront plus de denſité.

La vérité de ces deux corollaires ſe fait naturellement ſentir d'après l'expoſition du principe que nous venons d'établir. On

Digitized by Google

conçoit aisément, en effet, 1°. que plus un corps plongé dans un liquide quelconque, aura de volume, toutes choses égales d'ailleurs, plus le volume de liquide qu'il déplacera sera grand. Or, plus le volume de liquide déplacé sera grand, plus il pesera, & plus conséquemment le solide plongé perdra de son poids; ce qu'on peut facilement démontrer à l'aide de cette expérience.

Expérience qui prouve la vérité du premier corollaire.

Suspendez sous chacun des bassins de la balance hydrostatique, deux corps de même poids & de même volume, ils seront en équilibre dans l'air: faites-les plonger l'un & l'autre dans un même liquide, supposons dans de l'eau, l'équilibre subsistera encore, parce qu'ils déplaceront des volumes égaux d'un même liquide, & que ces volumes déplacés peseront également: ils perdront donc la même quantité de leur poids, & conséquemment ils demeureront en équilibre.

Substituez à l'un de ces corps, un autre corps de même poids, mais d'un volume différent, supposons-le plus petit, & supposons en même temps que les deux corps suspendus soient en équilibre dans l'air. Si vous les faites plonger dans l'eau, celui des deux qui aura moins de volume, deviendra pré-

Digitized by Google

pondérant, parce que, déplaçant un moindre volume d'eau, il perdra moins de ſon poids que celui qui en déplacera un plus grand.

Rétabliſſez l'équilibre, en ajoutant un poids ſuffiſant dans le baſſin au-deſſous duquel le plus volumineux des deux corps ſera ſuſpendu : ſubſtituez à l'autre un troiſieme corps de même poids, mais d'un moindre volume, & laiſſez le tout plongé dans l'eau ; l'équilibre ſera encore rompu en faveur de ce dernier ; ce qui confirme que les corps plongés dans le même liquide, y perdent d'autant plus de leur poids, qu'ils ont plus de volume, toutes choſes égales d'ailleurs.

La peſanteur ſpécifique d'un corps peut varier.

(421) Il ſuit de-là que, ſi le volume d'un corps vient à augmenter, la quantité de matiere reſtant la même, ſa peſanteur ſpécifique diminuera à proportion, & elle pourra diminuer au point que ce corps étant auparavant plus peſant qu'un pareil volume d'eau, par exemple, il deviendra plus léger. D'où il ſuit, qu'un corps plongé au fond de l'eau, peut quelquefois s'élever à ſa ſurface, relativement aux circonſtances qui alterent ſa conſtitution. L'expérience ſuivante démontre ſuffiſamment cette vérité.

Expérience qui confirme cette vérité.

Leſtez de plomb laminé un morceau de

Digitized by Google

liege, de façon que ce ſyſtême de corps ſoit un peu plus peſant qu'un pareil volume d'eau. Placez ce liege ainſi préparé, ſur la ſurface d'une maſſe d'eau renfermée dans un de ces petits vaiſſeaux cylindriques, deſtinés à ſoumettre différens corps à l'épreuve du vuide; le liege ſe précipitera au fond de l'eau. Etabliſſez ce vaiſſeau ſur la platine de la machine pneumatique; couvrez-le d'un récipient, & faites-le vuide. Une partie de l'air compris dans la texture du liege, s'en échappera, & diminuera d'autant le poids du liege; une autre partie, trop dilatée, ou trop engagée dans la texture, pour s'en échapper, ſe dilatera également, écartera les parties du liege, & augmentera ſon volume, au point de rendre ſa peſanteur ſpécifique, nonobſtant la lame de plomb, plus petite que celle de l'eau. Le liege s'élevera donc alors à la ſurface de ce liquide.

Application de cette expérience.

On obſerve aſſez fréquemment de ſemblables phénomenes. Le corps d'un homme, par exemple, eſt ordinairement plus peſant qu'un pareil volume d'eau, & c'eſt pour cela que s'il tombe dans l'eau, il ſe précipite au fond, & il ſe noie. Mais s'il reſte en place, & qu'il vienne à y ſubir les différens degrés de

Digitized by Google

putréfaction auxquels il eſt expoſé, l'air qui ſe dégage, augmente le volume des principales cavités, & particuliérement de *l'abdomen*, ou du bas-ventre : le corps devient alors plus léger qu'un pareil volume d'eau, & il s'éleve à la ſurface.

Dans ce cas, une partie de ce corps ſurnage, & ſe trouve expoſée au contact de l'air extérieur : la putréfaction fait alors de plus grands progrès dans cette partie, que dans celle qui demeure plongée dans l'eau. Les parties tuméfiées ſe déchirent, crevent & s'affaiſſent. Le volume du corps diminue, il devient plus peſant qu'un pareil volume d'eau, & il ſe précipite une ſeconde fois, pour ſurnager encore, lorſque la putréfaction aura occaſionné une nouvelle tuméfaction dans quelqu'autre partie, & que cette tuméfaction aura ſuffiſamment diminué ſa peſanteur ſpécifique. C'eſt par ce méchaniſme, qu'on voit paroître & diſparoître pluſieurs fois à la ſurface de l'eau, le cadavre d'un homme ou d'un animal noyé.

(422) Nous avons avancé précédemment que le corps d'un homme eſt ordinairement plus peſant qu'un pareil volume d'eau ; c'eſt une vérité de fait, qui doit nous faire con-

Digitized by Google

clure qu'il peut se trouver des personnes dont la pesanteur spécifique soit moindre que celle de l'eau, & il s'en trouve effectivement. Il suffit, pour cela, qu'elles soient munies de très-grandes cavités, & qu'elles aient beaucoup d'embonpoint. Elles auront alors beaucoup de volume, & une partie de ce volume étant formé de graisses & d'air, qui pesent beaucoup moins que l'eau, il peut se faire que le système de corps que ces parties légeres concourent à former, soit moins pesant qu'un pareil volume d'eau; & c'est ce qu'on a observé plusieurs fois. On a vu quantité de personnes qui se tenoient en équilibre dans l'eau, lorsqu'elles y étoient enfoncées jusqu'à la poitrine.

Phénomene observé à Naples dans le cours de l'année 1767.

Mais le phénomene le plus surprenant en ce genre, c'est celui dont les papiers publics nous firent part dans le courant de l'année 1767, au sujet d'un Prêtre de Naples, nommé *Paolo Moccia*. Cet homme exécutoit tous ses mouvemens dans l'eau, aussi librement que dans l'air. Il se mettoit en équilibre avec les vagues; il se tenoit élevé perpendiculairement sur la surface de l'eau, dans laquelle il n'enfonçoit que jusqu'à l'estomac, quoiqu'il restât immobile: il ne remuoit point les

Digitized by Google

pieds, lorſqu'il étoit emporté par les vagues ; ou lorſqu'il étoit entraîné par le courant de l'eau ; il les joignoit, au contraire, & il ſe laiſſoit entraîner, dans cette poſition, par le fil de l'eau, &c. &c.

Perſonne, à mon avis, n'a mieux expliqué ce phénomene que M. *Fabre*, dans une lettre qu'il écrivit à ce ſujet à M. *de Laſſonne*, & dont voici l'extrait (1).

On ne peut, dit-il, trouver la cauſe de ce phénomene, que dans un volume d'air extraordinaire, renfermé dans le corps du ſujet. On ne peut pas dire que ce ſoit celui qui entre dans les poumons, par la voie de la reſpiration, puiſqu'à chaque expiration, il ceſſeroit de ſurnager. On ne peut pas dire non plus que ce ſoit ce même fluide empriſonné dans les ſolides & dans les fluides. On ſait que cet air ne jouit point, & ne peut mettre en jeu ſon élaſticité, & conſéquemment qu'il ne peut balancer la peſanteur de l'eau ; ce qu'on peut confirmer, en jettant un morceau de chair, ou un membre entier dans l'eau : il ne ſurnagera que lorſque la putréfaction aura mis ces particules d'air en

(1) Année littéraire, n°. 11. 1767.

Digitized by Google

liberté. On ne peut donc attribuer cet effet qu'à l'air renfermé dans le canal inteſtinal.

On ſait, continue M. *Fabre*, que ce canal, ſix fois plus long que le corps de l'homme, eſt continuellement gonflé par une maſſe d'air qui y eſt contenue. Sans cela, les inteſtins ſeroient affaiſſés & flétris, & leurs membranes ſeroient repliées ſur elles-mêmes, comme il arrive lorſqu'elles ſont percées, & que l'air s'en échappe. Le calibre des vaiſſeaux qui les parcourent, ſeroit effacé, & la circulation interrompue.

Reſte donc à ſavoir maintenant ſi cet air peut être la cauſe du phénomene en queſtion. La totalité de l'air inteſtinal eſt égale à un cylindre de deux pouces de diametre, & de trente pieds de hauteur, ou mieux, à un cylindre de la hauteur du corps & d'un pied de diametre, puiſque les inteſtins ont environ deux pouces de diametre, terme moyen entre le diametre des gros inteſtins, & celui des grêles (1). Or, le corps du Prêtre *Moccia* a été trouvé de trente livres de Naples moins peſant qu'un pareil volume d'eau. Il faut donc ſuppoſer que ſes inteſtins ont un

(1) Senac, anat. d'Heiſter.

Digitized by Google

plus grand diametre, & que la plus grande quantité d'air qui y eſt compriſe, occaſionne cette différence ; ce qui répugne moins que de ſuppoſer, comme quelques-uns l'ont fait, que ſes os ſont très-petits, & qu'ils ſont poreux, ou qu'il doit y avoir pluſieurs vaiſſeaux pleins d'air dans les parties graſſes de ſon corps ; & notre ſuppoſition s'accorde parfaitement avec la conſtitution du ſujet qu'on dit être très-gras & fort rebondi.

Cette explication eſt autant ſimple qu'on puiſſe la ſuppoſer : elle eſt d'ailleurs on ne peut plus conforme aux loix de la Nature, & elle paroît confirmée par les dimenſions qu'on remarqua dans le temps à l'abdomen de l'homme dont il eſt ici queſtion, qu'on aſſura être incomparablement plus gros qu'il n'a coutume d'être dans un ſujet ordinaire. Il y a donc des hommes dont le corps eſt d'une moindre peſanteur ſpécifique que celle de l'eau, & il eſt probable que ce phénomene ne ſeroit pas auſſi rare qu'on le croit juſqu'à préſent, ſi toutes les perſonnes graſſes, & dont le corps eſt un peu volumineux, vouloient en faire l'épreuve.

(423) Quoiqu'en général le corps de

Digitized by Google

l'homme ſoit plus peſant qu'un pareil volume d'eau, on peut néanmoins, avec de très-foibles ſecours, le rendre plus léger, & lui donner la faculté de ſurnager. On a tenté pluſieurs fois à atteindre à ce but. Je ne parle pas ici de ces veſſies, ou de ces eſpeces de cerceaux de joncs, que les jeunes gens s'adaptent autour du corps pour nager, quoique ces ſortes de machines réuſſiſſent aſſez bien juſqu'à un certain point, & ſoient très-propres à remplir leur deſtination. Je ne parle que de ces machines ingénieuſes, qui piquerent de tout temps la curioſité des Méchaniciens, & qu'on deſira pluſieurs fois avec empreſſement, pour procurer à un Soldat, armé de toutes pieces, par exemple, la facilité de paſſer une riviere. Je ne rappellerai point ici le ſouvenir de ces anciennes caſaques de liege, dont le ſervice embarraſſant rendit l'invention inutile, & fit déſeſpérer, pendant long-temps, du ſuccès d'une ſemblable pratique. Je ne parlerai ſeulement que de cette expérience que fit publiquement l'Abbé *de la Chapelle*, le 17 Juillet 1767. Ce célebre Mathématicien fit voir au Public, ſur la riviere de Seine, entre le Port-à-l'Anglois & les Carrieres, une eſpece de caſaque de

Digitized by Google

liege, qu'il appelle un *ſcaphandre*. Muni de cette machine, dont la conſtruction n'embarraſſe aucunement le corps de celui qui la porte, il ſe jetta dans l'eau, & il y exécuta tous les mouvemens poſſibles avec une extrême facilité. Il y but, il y mangea, il y écrivit, & il y tira un coup de piſtolet. Il fit voir, outre cela, une main en forme de patte d'oie, propre à fendre l'eau à volonté, & à faciliter par-là tous les mouvemens qu'on veut faire dans ce fluide (1). Cette ingénieuſe machine, ce ſcaphandre, qui ne fut connu, pendant long-temps, que ſur le rapport de ceux qui l'avoient vu mettre en épreuve, & par les relations que les papiers publics en firent, l'eſt actuellement, & d'une maniere plus intéreſſante, dans l'Ouvrage que l'Auteur a publié depuis ſur cet objet, & qu'il a intitulé *le Scaphandre*.

(424) Si un corps plus peſant qu'un pareil volume de liquide, dans lequel on le plonge, perd d'autant plus de ſon poids, que ſon volume eſt plus grand, comme nous l'avons démontré ci-deſſus. On peut dire également qu'un même corps plongé dans différens

(1) Gazette de France, 24 Juillet 1767.

liquides,

Digitized by Google

liquides, perd d'autant plus de ſon poids, que le liquide dans lequel on le plonge, eſt plus peſant; & c'eſt le ſecond corollaire que nous avons indiqué (420).

Démonſtration du ſecond corollaire.

Plus, en effet, le liquide dans lequel un corps eſt plongé, eſt peſant, toutes choſes égales d'ailleurs, plus le volume déplacé par ce corps, eſt lui-même peſant. Or, nous avons démontré (418), qu'un corps plongé dans un liquide quelconque, mais ſpécifiquement moins peſant, y perd de ſon poids autant que peſe le volume de liquide dont il prend la place. Par conſéquent, plus le liquide ſera peſant, plus le corps plongé perdra de ſon poids; ce qu'on peut confirmer facilement par l'expérience ſuivante.

Expérience qui confirme cette théorie.

Suſpendez ſous les baſſins de la balance hydroſtatique, deux corps égaux en maſſe & en volume. Ces deux corps ſeront en équilibre dans l'air. Faites plonger l'un de ces deux corps dans l'eau; il y perdra une partie de ſon poids, comme nous l'avons démontré précédemment. Rétabliſſez l'équilibre, en mettant un poids convenable dans le baſſin oppoſé de la balance, & remarquez le poids que vous ſerez obligé d'ajouter pour cet effet. Réitérez la même expérience, en fai-

Digitized by Google

ſant plonger le même ſolide dans des liquides, dont la denſité ſoit différente de celle de l'eau, tels que du vin, de l'eſprit-de-vin, &c. & vous obſerverez que ces poids ſeront différens, & qu'ils devront être d'autant plus grands, lorſqu'il s'agira de rappeller l'équilibre, que les liquides qu'on ſoumettra à cette épreuve, ſeront plus denſes, ou plus peſans. Un même ſolide, plongé dans des liquides de différente denſité, y perd donc d'autant plus de ſon poids, que le liquide eſt plus peſant.

(425) Si nous réfléchiſſons ſur les deux précédens corollaires, nous verrons que le premier nous fournit un moyen auſſi commode qu'exact, pour déterminer la peſanteur ſpécifique des ſolides, & que le ſecond nous en fournit un autre, pour démontrer celle des liquides.

La peſanteur ſpécifique d'un corps, n'eſt autre choſe, comme nous l'avons indiqué précédemment (413), que le poids de ce corps comparé à ſon volume, ou à celui d'un autre corps de même volume. C'eſt donc préciſément la différence entre le poids de deux corps de même volume.

On connoîtroit donc aiſément la peſanteur

Digitized by Google

spécifique de tous les corps, si on les réduisoit tous à un même volume, & si on les pesoit ensuite séparément. Mais cette méthode n'est praticable que jusqu'à un certain point, & on en sent toute la difficulté en quantité de circonstances. D'ailleurs, les loix de l'hydrostatique, que nous avons établies dans le cours de cet article, nous en fournissent d'autres plus commodes à mettre en exécution; & c'est de ces dernieres dont nous allons rendre compte, le plus succinctement qu'il nous sera possible.

Méthode pour découvrir la pesanteur spécifique des solides.

(426) Nous avons démontré (418), qu'un solide plus pesant qu'un pareil volume de liquide, étant plongé dans ce liquide, y perdoit de son poids, une quantité égale à celui du volume de liquide dont il occupoit la place. On peut donc dire que la gravité, ou la pesanteur spécifique de ce liquide, est à celle du solide plongé, comme le poids du volume déplacé, est au poids de ce solide, avant son immersion. D'où il suit que si on exprime par l'unité la pesanteur spécifique du liquide, on aura la gravité, ou la pesanteur spécifique du solide, en divisant le poids qu'il pese dans l'air, par la différence qu'on trouve à ce même poids, lorsqu'on pese

Digitized by Google

ce ſolide dans le liquide dont nous venons de parler.

Suppoſons, par exemple, qu'un morceau de cuivre, peſé dans l'air, peſe 36 grains, & qu'il n'en peſe que 32 lorſqu'il eſt plongé dans l'eau ; la différence qu'on trouve dans le poids de ce morceau de cuivre peſé dans l'air, & enſuite dans l'eau, eſt donc de 4 grains. Cela poſé, diviſons le poids qu'il peſe dans l'air, c'eſt-à-dire, 36 grains, par cette différence 4, & on aura 9 pour quotient. La peſanteur ſpécifique du cuivre, comparée à celle de l'eau, ſera donc dans le rapport de 9 à 1.

On voit, en effet, par ce procédé, qu'un volume d'eau ſemblable à celui du cuivre, ne peſe que 4 grains, tandis que le cuivre en peſe 36. Le cuivre eſt donc neuf fois plus peſant qu'un pareil volume d'eau.

C'eſt par une méthode ſemblable, que pluſieurs Phyſiciens ont dreſſé des tables des peſanteurs ſpécifiques de différens corps (1), tables qui deviennent d'une néceſſité indiſpenſable dans quantité de circonſtances,

(1) Cotes, Leçons de Phyſiq. expérim. Muſſenbroek, Cours de Phyſ. t. 2.

Digitized by Google

dans le détail desquelles nous ne pouvons nous permettre de descendre. Nous nous bornerons à rapporter quelques observations importantes pour ceux qui voudroient répéter ces sortes d'expériences, & ajouter de nouveaux résultats à ceux qu'on a déja trouvés. Nous copierons même ici, pour la commodité de nos Lecteurs, quelques articles de la table de *Musſenbroek*, & nous donnerons la préférence à celle de ce célebre Physicien, parce qu'elle nous a paru la plus exacte. Nous choisirons dans cette table, extrêmement étendue, les substances qui sont le plus en usage, celles par conséquent dont il importe davantage de connoître la pesanteur spécifique.

(427) Quiconque voudra s'appliquer à ces sortes de recherches, doit nécessairement faire attention aux observations suivantes. Observations sur cette méthode.

1°. Considérer de quel endroit proviennent les corps dont il veut examiner la pesanteur spécifique, & avoir soin de le faire remarquer dans le résultat qu'il expose. L'expérience, en effet, nous apprend que la densité d'une même espece de corps varie suivant les différens climats où elle a pris naissance. On en sera pleinement convaincu, si on Premiere observation.

conſulte la table des peſanteurs ſpécifiques dreſſée par *Muſſenbroek*. On y verra que la même eſpece de métal, la même eſpece de bois, &c. priſes en différens climats, n'ont point, & ſouvent à beaucoup près, la même peſanteur ſpécifique.

Seconde obſervation.

2°. Il doit encore conſidérer ſi les corps qu'il veut ſoumettre à cette épreuve, ſont homogenes, ou compoſés de parties hétérogenes. Dans ce dernier cas, il faut examiner avec ſoin les parties qui entrent dans leur compoſition, ſelon quelle proportion elles y entrent, & de quelle maniere elles y entrent; ce qui préſente une multitude étonnante d'obſervations qui reſtent encore à faire.

En effet, ſuivant que les parties qui concourront à la production d'un mixte, entreront dans ſa compoſition, ſelon différentes proportions, la denſité du mixte variera, & on ſe perſuadera aiſément de cette importante vérité, en conſultant la table des peſanteurs ſpécifiques que nous venons d'indiquer, & en jettant les yeux, par exemple, ſur l'article *diamans*. On verra combien leur peſanteur ſpécifique varie, eu égard aux différentes proportions ſelon leſquelles leurs

Digitized by Google

parties conſtituantes entrent dans leur compoſition.

Cette variété dépend non-ſeulement des proportions variées des parties hétérogenes, mais encore de la maniere ſelon laquelle elles entrent dans la compoſition du mixte. Ne prenons pour exemple de cette vérité, que les mixtes réſultans des opérations de l'Art.

La production de la plus grande partie des mixtes de cette eſpece, exige néceſſairement le concours du feu. C'eſt ainſi, par exemple, que les métaux, les demi-métaux, & toutes les ſubſtances fuſibles, ſe combinent ordinairement. Or, perſonne n'ignore que l'action du feu, pouſſé juſqu'à un certain point, produit néceſſairement une diſſipation plus ou moins grande dans les ſubſtances contre leſquelles on l'emploie. De-là ſi on veut combiner enſemble deux ſubſtances différentes, & les incorporer par le ſecours de la fuſion, il ſe fera néceſſairement une diſſipation, une déperdition de ſubſtance, qui aura lieu dans l'une, ou dans l'autre, ou même dans les deux ſubſtances qu'on veut allier; & même, dans ce dernier cas, cette diſſipation peut différer conſidérablement dans l'une & dans

Digitized by Google

l'autre de ces ſubſtances. De-là cette prodigieuſe variété qu'on trouvera néceſſairement dans la denſité, ou dans la peſanteur ſpécifique des mêlanges dans leſquels une même ſubſtance ſera combinée avec d'autres, & ſuivant différentes proportions.

On ne peut rien établir de certain & de général ſur la denſité des mêlanges qui s'operent par le ſecours du feu. Dans les uns, les parties hétérogenes ſe combinent, ſe pénetrent en quelque façon, & la peſanteur ſpécifique du mêlange augmente. Tels ſont ceux qui procedent des différentes combinaiſons de l'or & de l'argent, de l'or & du plomb, de l'or & du biſmuth, &c.

Dans les autres, les parties s'enflent dans la fuſion, ſe tuméfient, ſe raréfient, & la peſanteur ſpécifique du mêlange devient plus petite. Tels ſont ceux qui proviennent des différentes combinaiſons du cuivre jaune de Suede avec l'or, du même cuivre avec l'argent, &c.

On voit par la légere eſquiſſe que nous traçons de ces irrégularités, quelles attentions on doit apporter lorſqu'il s'agit de connoître la peſanteur ſpécifique des mixtes.

Troiſieme obſervation.

3°. Il faut encore avoir égard, dans ces

Digitized by Google

ſortes de recherches, à la température actuelle de l'air, à celle des corps qu'on ſoumet à l'expérience, & à la ſaiſon de l'année pendant laquelle on fait ces ſortes d'opérations. Le célebre M. *Homberg*, & pluſieurs autres Phyſiciens après lui, aſſurent & démontrent, d'une maniere inconteſtable, la néceſſité de cette attention.

On conçoit, en effet aiſément, que pendant les chaleurs de l'été, les corps les plus denſes ſont raréfiés juſqu'à un certain point; & nous aurons occaſion de le faire obſerver en parlant du feu. Ces mêmes corps, au contraire, deviennent plus denſes & plus compactes pendant le froid de l'hiver. Il doit néceſſairement y avoir une différence ſenſible dans leur peſanteur ſpécifique, ſi on la conſidere dans ces deux ſaiſons. Plus d'une obſervation appuie ce raiſonnement. Un volume donné de mercure, qui ne peſoit, pendant l'été, que ſept onces un gros & 66 grains, peſoit, en hiver, ſept onces deux gros & quatorze grains.

Il eſt donc important de marquer avec exactitude la température actuelle de l'air, & la ſaiſon pendant laquelle on fait ces ſortes d'eſſais, lorſqu'on veut dreſſer une table des peſanteurs ſpécifiques.

Digitized by Google

Quatrieme obſervation. 4°. Il faut employer pour ces ſortes d'expériences, une eau qui ſoit facile à trouver par-tout, afin que ſa peſanteur ſpécifique étant, autant qu'il eſt poſſible, la même, on obtienne des réſultats ſemblables, lorſqu'on voudra répéter ces expériences en tout autre endroit. C'eſt pour cela qu'on doit donner la préférence à l'eau de pluie, ramaſſée en plein air, dans un vaſe très-propre, & élevé à une certaine hauteur au-deſſus du terrein où on le place. Il faut auſſi que le vaſe dont on ſe ſert pour faire plonger les ſubſtances qu'on éprouve, ſoit ſpacieux, afin que les corps qui y plongent, ne frottent ou ne heurtent point contre les parois de ce vaſe.

Cinquieme obſervation. 5°. Il faut avoir une attention particuliere à détacher avec un petit pinceau les bulles d'air qui s'attachent ordinairement à la ſurface des corps plongés dans l'eau. Ces bulles font partie de ces corps, & augmentent leur volume; ce qui pourroit occaſionner un déchet plus ou moins ſenſible dans leur peſanteur ſpécifique.

Sixieme obſervation. 6°. Pour la même raiſon, il faut conſidérer avec ſoin ſi les corps qu'on ſoumet à l'expérience, ne recelent point de petites cavités; ce qui altere leur volume au dé-

Digitized by Google

triment de leur peſanteur ſpécifique. Alors il faut avoir ſoin de les ſupprimer, ou de les ouvrir, afin que l'eau puiſſe y pénétrer; mais comme l'obſerve très-bien *Muſſenbroek* (1), il vaudroit beaucoup mieux ne prendre alors que quelques parties de ces corps pour les ſoumettre à l'expérience.

Septieme obſervation.

7°. Enfin, il faut avoir égard à la peſanteur actuelle de l'air, qu'on reconnoîtra à l'aide du barometre. On ne ſoupçonneroit pas, à la vérité, que cette attention fût néceſſaire: mais tout corps plongé dans l'air, y perd néceſſairement une certaine partie de ſon poids, & il en perd d'autant plus, que l'air eſt plus denſe, ou plus peſant; ce qui doit néceſſairement influer ſur la peſanteur ſpécifique des corps qu'on éprouve, puiſque cette eſpece de peſanteur n'eſt autre choſe que le rapport entre le poids de ces corps peſés dans l'air, & enſuite dans l'eau.

Il ſuit de cet effet de l'air ſur les corps qui ſont plongés dans ſon ſein, que nous ne pouvons point connoître, avec toute la préciſion poſſible, leur poids abſolu, puiſqu'ils perdent une partie de ce poids par leur im-

(1) Muſſenbroek, Cours de Phyſ. expér. t. 2.

Digitized by Google

merſion dans ce fluide ; & c'eſt une vérité que l'expérience ſuivante confirme ſuffiſamment.

Expérience qui prouve que tous les corps perdent une partie de leur poids dans l'air.

Suſpendez à l'un des bras d'une petite romaine, un corps très-volumineux & très-léger, ſuppoſons une boule creuſe faite d'une feuille de métal très-mince. Mettez-là en équilibre avec une petite maſſe de plomb ſuſpendue à la plus longue branche de cette romaine, (*Deſc. & uſ. d'un Cab. de Phyſ. t. 2, plan. XXI, fig. 8*). Placez le tout ſur la platine de la machine pneumatique, & recouvrez-le d'un récipient aſſez ſpacieux, pour que le corps volumineux ne frotte point contre ſes parois. Faites le vuide, & vous verrez, lorſque vous aurez évacué l'air juſqu'à un certain point, la balance trébucher, & la groſſe boule devenir prépondérante.

La raiſon de ce phénomene ſe préſente naturellement à l'eſprit. Ces deux corps, plongés dans l'air, y déplaçoient des volumes bien différens, & conſéquemment perdoient à proportion de leur poids abſolu. Ils n'étoient donc en équilibre que par l'excès du poids de la groſſe boule, qui compenſoit exactement l'excès de perte qu'elle éprouvoit dans l'air : mais le vuide étant fait, ou

Digitized by Google

l'air étant prodigieuſement raréfié, la perte que font l'un & l'autre de ces deux corps, devient proportionnellement moindre, & le déchet de la groſſe boule ſe trouve plus que compenſé : elle devient donc prépondérante.

Outre les attentions précédentes qu'on doit néceſſairement apporter lorſqu'on veut dreſſer une table des peſanteurs ſpécifiques de différens corps, *Muſſenbroek* recommande encore l'exactitude de la balance. Mais cette condition eſt ſi indiſpenſable & ſi naturelle, que nous ne croyons point devoir inſiſter ſur cet objet.

A l'aide de toutes ces précautions & de pluſieurs autres, ſur leſquelles nous n'inſiſtons point, comme très-faciles à ſoupçonner, on peut parvenir à former une table auſſi exacte qu'il eſt poſſible, des peſanteurs ſpécifiques de toutes les ſubſtances plus peſantes qu'un pareil volume d'eau. C'eſt avec ces précautions que le célebre *Muſſenbroek* parvint à en dreſſer une fort étendue, & de laquelle nous tirons la ſuivante.

Il faut bien remarquer ici que, dans la table de ce célebre Phyſicien, la peſanteur ſpécifique de l'eau, qui ſert de terme de

Digitized by Google

comparaiſon à celle de toutes les ſubſtances dont nous allons faire mention, eſt exprimée par 1000. Par conſéquent, ſi on veut répéter ces ſortes d'expériences, ou en ajouter de nouvelles, il faut commencer par multiplier par 1000 le poids que peſeront dans l'air les ſubſtances qu'on éprouvera, & diviſer le produit par la perte qu'elles feront de leur poids, lorſqu'elles ſeront plongées dans l'eau.

TABLE des peſanteurs ſpécifiques de pluſieurs ſubſtances.

(428) Le cuivre du Japon forgé..9..0000
—Le même fondu.....8..7267
—Jaune d'Eſp. d'Andalouſie fondu..7..9598
—Le même forgé.....8..43396
Jaune d'Angleterre forgé.....8..8300
—De monnoie de Suede forgé.....8..7840
—Fondu.....8..3333
Mine de cuivre.....3...755
—Verte compacte pure de Rouſſillon.....
.....2...991
—Canelée de fibres convergentes,.....
remplie de quarſe, tirée de Brei-.....
bach.....4...197

Digitized by Google

Mine verte de cuivre d'Espagne...1...714
Similor de la Chine, fondu.....8...431
—Autre, fondu.....8..6388
—De Stolberg, fondu.....8...000
—Autre du même endroit, fondu..8..2353
—Le même, forgé.....8...349
—Le même tiré en fil.....8..3258
Antimoine crud d'Allemagne....4...000
—De Hongrie.....4...700
Régule d'antimoine.....4...500
—Purifié deux fois.....6...602
Verre d'antimoine.....7...510
—Autre.....4...760
Argent pur fondu.....11...091
—Tiré de lune cornée.....10..5426
—Autre.....10...851
—De Hollande au plus haut titre..10...535
—Au plus bas titre.....10...340
—Fondu.....10..2538
—Le même forgé.....10..5000
Or très-pur.....19...640
—Autre fondu.....19...521
—Autre fondu.....19...238
Guinée d'or de Guillaume III....18...888
—De George II.....17...150
Un ducat d'Hollande frappé.....18...261
—Le même seulement fondu.....17.01754

Digitized by Google

—Le même long-temps & fortement forgé ..... 18...588
Un louis ..... 18...166
Bismuth fondu ..... 8..7168
Le même forgé autant que faire se peut ..... 9..6388
Bismuth ..... 9...700
—Autre ..... 9...850
—Autre ..... 9...866
—Autre ..... 9..9259
Excellent acier ramolli ..... 7..7679
—Le même long-temps & fortement forgé ..... 7..8955
—Mou ..... 7...738
—Très-dur ..... 7...704
—Très-élastique ..... 7...809
—Fer forgé ..... 7..7633
—Amolli ..... 7..6000
—Le même forgé long-temps à froid. 7...875
—Excellent d'Allemagne marqué (L). 7..8076
—Autre du même endroit marqué (BR) ..... 7..7876
—De Liege ..... 7..6896
—Autre du même endroit ..... 7..6450
—De Suede ..... 7..7653
Fer changé par le laps du temps en aimant ..... 4..0451

Mercure

Digitized by Google

Mercure vierge du Tirol..... 14... 000
—Autre..... 13... 652
—Autre..... 13... 620
—De Bretagne..... 13... 593
—Distillé de la chaux selon *Gaubius*.....
..... 13... 619
—Une fois selon *Boerhaave*..... 15... 570
Sublimé 511 fois..... 14... 110
Sublimé corrosif..... 8... 000
Doux, sublimé deux fois..... 12... 353
—Sublimé trois fois..... 9... 882
Cinnabre naturel..... 2.. 2337
—Du Tirol..... 7... 300
—Du Japon..... 7... 273
—Autre du même endroit..... 7... 000
Plomb des Indes..... 11.. 2259
—D'Angleterre très-pur..... 11.. 4459
—Excellent de Stokton marqué.....
(IB)..... 11.. 3333
—De Hall..... 11... 424
—Autre..... 11.. 4794
—Autre..... 11... 345
—D'Ecosse très-pur..... 11. 38759
—Autre..... 11.. 4166
—D'Allemagne très-pur..... 11.. 4451
Mine de plomb..... 6... 800
Chaux de plomb..... 8... 940

Digitized by Google

Ceruse ..... 3... 156
Etain pur ..... 7... 320
—Autre ..... 7.. 3654
—D'Angleterre très-pur ..... 7... 295
—Pur & noir ..... 7.. 3218
—Autre ..... 7... 065
—Autre ..... 7.. 3167
—Très-pur de Malaca ..... 7... 331
—Autre ..... 6.. 1256
Zinc des Indes ..... 7.. 2401
Zinc de Goslar ..... 7... 215
—Fondu ..... 9.. 3548
—Long-temps forgé ..... 7.. 1764

Nous supprimons ici quantité d'alliages & de mêlanges qu'on trouvera dans la table de *Musſenbroek*, & dont les variétés méritent une étude particuliere. Nous nous bornons seulement à indiquer les pesanteurs spécifiques des subſtances les plus usuelles.

Agathe rouge ..... 2... 631
—Autre ..... 2... 628
—De Bretagne ..... 2... 058
Diamant des Indes blanc ..... 3... 517
—Autre ..... 3... 575
—Autre ..... 3.. 4666
—Des Indes orientales octaedre-rude ..... 3.. 6545

Digitized by Google

—Du Brefil	3.	518
—Autre	3.	501
—D'un bleu pâle, des Indes orientales	3.	512
—D'un bleu foncé	3.	495
—Jaune	3.	524
—Autre	3.	666
—D'un verd foncé	3.	521
Albâtre	1.	872
Ardoise bleue	3.	500
Pierre de Bologne	4.	496
Chaux de pierres brûlées	2.	370
Pierre à aiguiser de Brême	1.	666
—De Turquie	2.	380
—Autre	2.	960
Craie blanche d'Angleterre	2.	252
Cryſtal de roche ordinaire	2.	650
—Autre	2.	659
—Autre	2.	669
—D'Iſlande	2.	720
Marbre noir	2.	688
Aimant de Penſilvanie	4.	585
—De Hongrie	5.	106
Marbre blanc d'Italie	2.	707
La plus fine porcelaine de la Chine	2.	363
—La plus commune	2.	348
Caillou ordinaire	2.	542

Digitized by Google

—Brillant 641
—De Bretagne 696
Verre blanc très-pur de Bretagne 150
—Autre très-pur 380
—Dont on fait des miroirs 888
—De Venise dont on fait des vases 791
—Dont on fait des vaisseaux de Chymie 620
—Des bouteilles 666
Sapin mâle 550
—Femelle 498
Erable 755
Aulne 800
Oranger à fruit 705
Cerisier 715
Coudrier 600
Ebene des Indes 1209
—De Mauritanie 1193
—D'Amérique 1331
Hêtre 852
Noyer de Hollande 636
—De France 671
—D'Amérique 643
Pommier 793
Peuplier 383
Prunier 785
—Autre 663

Poirier ..... 0...661
Chêne de 60. ans: son cœur..... 1...170
—Son aubier..... 1...078
Le cœur d'un autre chêne..... 1...208
—Son aubier..... 1...039
—Entre le cœur & l'aubier..... 1...076
Tilleul ..... 0...604
Tronc d'un orme..... 0...671
—Rameau ..... 0...600
Froment ..... 0...757
—Farine & le son..... 0...493
—Sans son..... 0...454
Aloës..... 1...358
Gomme ammoniac ..... 1...238
—Arabique ..... 1...375
—Autre ..... 1...430
Assafœtida ..... 1...251
Benjoint..... 1...241
Camphre ..... 0...996
Gomme copale..... 1...073
—Lacque..... 1...154
Opium ..... 1...250
Laudanum ..... 2...209
Poix ..... 1...150
—De Bourgogne ..... 1...5714
Résine de gayac..... 1...224
—De jalap..... 1...400

Digitized by Google

—De scammonée	1.	200
Encens	1.	071
Soufre minéral	1.	875
—Brillant de Perse	1.	950
—Naturel, brillant rouge de Transilvanie	2.	871
—Vif	2.	000
—Ordinaire fondu	1.	800
Fleurs de soufre	0.	9438
Alun	1.	714
Borax	1.	720
Nitre	1.	900
—Pur	1.	9299
—Fixe	2.	745
—Régénéré	1.	8744
Sel ammoniac pur	1.	453
Sel marin	2.	125
—Epuré	1.	9183
Eau de pluie ordinaire	1.	000
—Distillée	0.	997
—Autre	0.	993
—De mer	1.	030
—Autre	1.	0211
Eau de puits	0.	999
—De fleuve	1.	009
Eau-forte ordinaire	1.	300
—Très-concentrée	1.	409

Digitized by Google

—Régale ..... 1... 234
Urine humaine ..... 1... 016
—Autre ..... 1... 030
Huile d'amandes douces ..... 0... 928
—D'anis ..... 0... 994
—D'oranges ..... 0... 888
—De canelle ..... 1... 035
—Distillée de citron ..... 0... 842
—De noix tirée par expression ..... 0... 934
—De vitriol ordinaire ..... 1... 700
—Concentrée ..... 1... 827
—Autre ..... 1... 877
—De tartre par défaillance ..... 0... 550
—De térébenthine ..... 0... 792
Sang humain ..... 1... 040
—Veneux ..... 1.. 0623
Sérosité de sang humain ..... 1... 027
Esprit-de-vin rectifié ..... 0... 866
—Ordinaire ..... 0.. 9874
Alkool ..... 0... 815
Vin blanc ordinaire de France ..... 1... 020
—De Frontignan ..... 1.. 0086
—De Bourgogne ..... 0... 953
—D'Orléans ..... 0... 996
Vin du Rhin ..... 0.. 9995

Nous rappellerons ici l'observation que nous avons faite précédemment, qu'il y a

Digitized by Google

des différences très-caractérisées dans la pesanteur spécifique des mêmes substances, solides, ou liquides, lorsqu'on les soumet à ces sortes d'épreuves pendant l'été & pendant l'hiver; & cette vérité, bien reconnue de tout temps par de bons Observateurs, deviendra très-sensible, si on consulte la table suivante, dans laquelle *Eisen Schmideus* nous fait part de ses observations à ce sujet. Ses expériences ont été faites sur différens liquides dont le volume étoit d'un pouce cubique de France.

Liquides pesant en été.	on.	gros.	grains.	*en hiver.* on.	gros.	grains.
Mercure	7.	1.	66.	7.	2.	14
Huile de vitriol	0.	7.	59.	0.	7.	71
Esprit de vitriol	0.	5.	33.	0.	5.	38
Esprit de nitre	0.	6.	24.	0.	6.	44
Esprit de sel	0.	5.	49.	0.	5.	55
Eau-forte	0.	6.	23.	0.	6.	35
Vinaigre	0.	5.	15.	0.	5.	21
Vinaigre distillé	0.	5.	11.	0.	5.	15
Esprit-de-vin	0.	4.	32.	0.	4.	42
Lait de vache	0.	5.	20.	0.	5.	25
Eau de fleuve	0.	5.	10.	0.	5.	13
Eau de puits	0.	5.	11.	0.	5.	14
Eau distillée	0.	5.	8.	0.	5.	11

Digitized by Google

(429.) Ce fut par une méthode analogue à celle que nous avons indiquée ci-dessus, & dont on a fait usage pour dresser la table précédente des pesanteurs spécifiques de différentes substances, tirées des trois regnes de la Nature, que le célebre *Archimede* résolut le fameux problême de la couronne du Roi *Hyeron* (note 3). C'est encore par la même méthode qu'on peut découvrir, avec assez de précision, la pesanteur spécifique des liquides, & elle est même beaucoup plus exacte que toutes celles qu'on peut mettre en usage, & dont nous aurons occasion de parler dans le paragraphe suivant. Note 3.

Même méthode pour découvrir la pesanteur spécifique des liquides.

Nous avons démontré précédemment (424), qu'un même solide plongé dans des liquides de différentes densités, y perdoit d'autant plus de son poids, que le liquide dans lequel on le plongeoit, étoit plus dense. Cela posé, si on prend un solide dont on connoisse le volume, & qu'après l'avoir pesé dans l'air, on le pese successivement dans plusieurs liquides, on aura la pesanteur spécifique de ces liquides, si on compare les différens poids qu'il faudra employer pour rétablir l'équilibre. On se sert très-favorablement, pour ces sortes d'expériences, d'un cube

Digitized by Google

ſolide d'un pouce de face, tel que nous l'avons indiqué (*Deſc. & uſ. d'un Cab. de Phyſ. t. 1, pl. XXI, fig. 5*).

PARAGRAPHE SECOND.

Des loix de la preſſion & de l'équilibre des ſolides, ſpécifiquement moins peſans que les liquides dans leſquels ils ſont plongés.

(430) Une ſeule propoſition générale détermine toute la théorie qu'on peut établir à ce ſujet. La voici.

Loi générale. *Si un corps ſpécifiquement moins peſant que le liquide dans lequel il eſt plongé, eſt abandonné à lui-même, il s'y enfoncera en partie, & il s'y enfoncera juſqu'à ce que ſa partie plongée ait déplacé un volume d'eau, dont le poids ſoit égal à la totalité du poids du corps plongé.*

Concevons, en effet, ce liquide diviſé en pluſieurs colonnes, dont les baſes ſoient
Pl. 10, fig. 2. égales à la baſe du corps plongé A (pl. 10, fig. 2). Il eſt conſtant que ces colonnes ne peuvent demeurer en repos, qu'elles ne ſoient en équilibre entre elles. Par conſéquent, la colonne XBR doit peſer autant que celle qui l'avoiſine EFBM : mais les

Digitized by Google

parties de ces colonnes ZFBO, OBRK, ſont également peſantes, puiſqu'elles ſont compoſées d'un même nombre de tranches égales & perpendiculaires d'un même liquide homogène ; par conſéquent, l'autre partie EZOM de la premiere, doit peſer autant que la partie MOKN, qui n'eſt autre choſe que la portion du corps A, plongée dans ce liquide. Elle doit donc peſer autant que le corps A. D'où il ſuit que ce corps doit déplacer, par ſon immerſion, un volume de liquide qui peſe autant que lui. D'où il ſuit que le même corps étant plongé ſucceſſivement dans des liquides de différente denſité, il s'y enfoncera à des profondeurs différentes ; & ces profondeurs ſeront d'autant plus grandes, que le liquide ſera plus léger, puiſqu'il faudra un volume plus conſidérable de ce liquide, pour égaler le poids du corps plongé.

On peut démontrer la certitude de la loi générale que nous venons d'établir, par une expérience très-ſimple, mais qui demande une grande attention de la part de celui qui la fait, pour qu'elle ſoit exacte. On ſe ſert pour cet effet, de l'appareil que nous avons décrit (*Deſc. & uſ. d'un Cab. de Phyſ. t. 1., pl. XXI, fig. 9*).

Digitized by Google

Expérience qui conſtate la certitude de cette loi générale.

C'eſt un vaiſſeau de cryſtal qui communique avec un tube vertical & non capillaire. L'eau dont on remplit ce vaiſſeau juſqu'à une hauteur donnée, s'éleve dans le tube communiquant, & s'y tient à la même hauteur qu'on a ſoin de marquer avec un fil qu'on fait gliſſer ſur la longueur de ce tube. On fait enſuite plonger un corps léger dans le grand vaiſſeau. Il s'y enfonce en partie; il déplace, par cet enfoncement, une portion de la maſſe d'eau qui reflue dans les colonnes collatérales, & qui les éleve à proportion, & dans le grand vaſe, & dans le vaſe communiquant. La hauteur de l'eau excede donc alors, dans ce dernier, la marque à laquelle elle étoit fixée. On ouvre un robinet qui communique avec ces vaiſſeaux, & on évacue l'eau, juſqu'à ce qu'elle ſoit deſcendue à la même hauteur à laquelle elle étoit précédemment. Or, cette maſſe d'eau, qui meſure préciſément celle que l'immerſion du corps vient de déplacer, peſe exactement autant que la totalité du corps plongé. Il ne s'agit, pour s'en aſſurer, que de peſer ces deux corps dans la même balance, ayant eu ſoin, avant de faire l'expérience, de faire la tare du petit vaiſſeau dans lequel on reçoit l'eau

Digitized by Google

qu'on évacue. Un corps moins pesant qu'un pareil volume de liquide, s'enfonce donc dans ce liquide, jusqu'à ce qu'il en ait déplacé un volume égal à la totalité de son poids.

(431) Mais comment ramener à la méthode générale que nous avons indiquée ci-dessus, les corps spécifiquement moins pesans que l'eau, lorsqu'il s'agit de découvrir leur pesanteur spécifique? La solution de ce problême est très-facile à saisir.

Problême. Connoître par la premiere des deux méthodes précédentes, la pesanteur spécifique d'un corps moins pesant que l'eau.

Joignez au corps moins pesant qu'un pareil volume d'eau, un autre corps spécifiquement plus pesant que l'eau, de façon que ces deux corps, combinés ensemble, aient une pesanteur spécifique plus grande que celle de l'eau, & qu'ils puissent s'y enfoncer.

Eprouvez auparavant ce que pese dans l'air le corps que vous ajoutez au plus léger, & en même temps combien il perd de son poids, lorsqu'il est plongé dans l'eau. Eprouvez pareillement ce que pese dans l'air le corps plus léger, & plongez-les ensemble dans l'eau, pour connoître ce qu'ils perdent de leur poids par leur union, lorsqu'ils sont plongés dans ce liquide. La quantité de poids qu'ils perdront alors, sera égale au poids

Digitized by Google

d'un volume de liquide ſemblable au volume de ces deux corps pris enſemble. En retranchant donc de la perte que les deux corps, pris enſemble, font de leur poids, lorſqu'ils ſont plongés, la perte que le plus peſant de ces deux corps fait du ſien, lorſqu'on le plonge ſéparément, la différence donnera le poids d'un volume de ce liquide, égal à celui du plus léger des deux corps, & ce poids ſera à celui que ce dernier corps peſe dans l'air, comme la gravité ſpécifique du fluide, eſt à celle du plus léger de ces deux corps.

Muſſenbroek propoſe deux machines également propres à faire ces ſortes d'expériences (1). Nous nous en tiendrons à celle-
Pl. 10, fig. 3. ci. Prenez, dit-il, un vaſe de verre A (pl. 10, fig. 3); ſuſpendez-le au bras d'une balance : couvrez l'ouverture de ce vaſe avec une petite grille de métal C : plongez ce vaſe dans l'eau, & mettez-le en équilibre avec un contrepoids attaché au deſſous du baſſin de la balance. Placez, après cela, le corps que vous voudrez éprouver dans le baſſin de la même balance, du côté que le

(1) Muſſenbroek, Cours de Phyſ. t. 2.

Digitized by Google

vaſe A eſt ſuſpendu, & cherchez ſon poids dans l'air, en mettant un contrepoids ſuffiſant dans le baſſin oppoſé de la balance. Lorſque vous aurez trouvé ce poids, mettez le corps dans le vaſe de verre, & retenez-le en ſituation, par le moyen de la petite grille. Ce corps, & le vaſe de verre qui le contient, étant plongés dans l'eau, mettez des poids dans le baſſin qui leur répond, juſqu'à ce que vous ayez rétabli l'équilibre, & vous trouverez que la peſanteur ſpécifique de ce corps, eſt à celle de l'eau, comme le poids qui eſt dans le baſſin oppoſé, eſt à celui du baſſin qui répond au corps plongé.

(432) La loi générale que nous venons d'établir précédemment par rapport à la quantité d'immerſion des ſubſtances, dont la peſanteur ſpécifique eſt moindre que celle du liquide dans lequel ils ſont plongés (430), remonte juſqu'à la plus haute antiquité. Elle étoit déja connue vers la fin du quatrieme ſiecle, ou au moins on avoit obſervé, dès ce temps, qu'un corps ſpécifiquement moins peſant, ne s'enfonce qu'en partie dans le liquide dans lequel on le plonge, & qu'il s'y enfonce d'autant plus, que le liquide eſt plus léger, ou que la peſanteur ſpécifique de ce

Digitized by Google

liquide eſt moindre. C'eſt ſur ce principe, que fut imaginé, vers l'époque du temps que nous venons d'indiquer, un inſtrument des plus ingénieux, connu ſous le nom d'*aréometre*, ou de *peſe-liqueur*. Il doit ſon origine à une femme ſavante, à une très-célebre Mathématicienne, nommée *Hypacie*, & fille de *Theon*, qui jouiſſoit lui-même à Alexandrie d'une très-grande réputation en fait de mathématiques. Quelqu'ingénieux que dût paroître cet inſtrument, il n'étoit pas moins imparfait pour cela, & on en conviendra néceſſairement d'après l'expoſé que nous allons en donner.

Aréometre d'Hypacie. Pl. 10, fig. 4.

(433) L'aréometre d'*Hypacie*, n'eſt autre choſe qu'un tube de verre CD (plan. 10, fig. 4), au bas duquel on ſouffle une boule A, d'un pouce, ou environ de diametre, ſéparée d'une ſeconde B, qui eſt au-deſſous, par un petit tube E, qu'on a ſoin d'étrangler & de fermer hermétiquement, après avoir rempli la boule B d'une certaine quantité de mercure, ou de menu plomb, deſtiné à leſter l'inſtrument, & à lui conſerver une ſituation verticale, lorſqu'il eſt plongé dans une liqueur quelconque.

On fait gliſſer, & on arrête dans le tube CD,

Digitized by Google

CD, une bande de papier roulée, ſur laquelle on trace une échelle diviſée, en un nombre de parties égales, priſes au-deſſus & au-deſſous de zéro, qu'on place communément vers le milieu de l'échelle, à l'endroit où le tube de cet inſtrument répond à la ſurface d'une maſſe d'eau diſtillée, dans laquelle on le plonge. Or, on voit, au premier coup d'œil, l'inexactitude d'un pareil inſtrument. Ses dimenſions, ſon poids, & ſa graduation arbitraires, ne peuvent donner que des réſultats vagues, & tellement indéterminés, qu'il eſt impoſſible d'établir aucun terme de comparaiſon entre les obſervations qu'on peut faire avec cet inſtrument, & celles qu'on feroit avec tout autre conſtruit de la même maniere. Etabli néanmoins ſur un principe inconteſtable, & dont l'application eſt on ne peut plus heureuſe, pluſieurs célebres Phyſiciens s'occuperent, en différens temps, à le perfectionner. Nous ne parlerons point ici des travaux des Académiciens de Florence. Ils furent cependant les premiers qui s'appliquerent à cette recherche; mais ils n'arriverent point à un degré de perfection aſſez éminent, pour que nous en faſſions mention. Nous ne parlerons donc ici que

Digitized by Google

des aréometres qui nous ont paru approcher davantage du degré de perfection auquel ils doivent être portés, pour remplir les vues de leur inſtitution ; & nous diſtinguerons, parmi ces derniers, les ſuivans.

Aréometre de Muſſenbroek.

(434) Etendre le ſervice de ces inſtrumens, & faire que les réſultats des obſervations, ſoient des quantités connues, déterminées, & comparables, ce fut le but que *Muſſenbroek* ſe propoſa dans la conſtruction de celui qu'il décrit (1).

On forme, dit-il, un globe léger & creux, Pl. 10, fig. 5. de ſimilor A, (plan. 10, fig. 5,) à la partie inférieure duquel on adapte un fil de cuivre BC, terminé en C par une vis, afin qu'on puiſſe monter ſucceſſivement deſſus pluſieurs petits poids de cuivre P, Q, R. DE eſt un cylindre de cuivre diviſé en quarante parties égales. Cet inſtrument doit être conſtruit de maniere que, chargé du poids P, qui tient le milieu entre les deux autres, & étant plongé dans l'eau de pluie, il puiſſe deſcendre juſqu'en E, & qu'il ne deſcende qu'en D, ſi on le plonge dans un autre liquide, qui peſe quarante grains de plus qu'un pareil volume

(1) Muſſenbroek, Cours de Phyſ. exp. t. 2.

Digitized by Google

d'eau de pluie. D'où il suit que si on le plonge dans différens liquides, suivant qu'il s'y enfoncera plus ou moins profondément, on pourra, à l'aide de l'échelle gravée sur la tige de l'instrument, juger de leur pesanteur spécifique; elle sera déterminée par grains.

Si on substitue le poids R, à la place du poids P, l'instrument étant plongé dans l'esprit-de-vin, il s'enfoncera jusqu'en E; mais lorsqu'on le plongera dans de bon esprit de froment, il descendra jusqu'à quelques-uns des degrés marqués entre D & E; d'où l'on pourra juger de la légereté spécifique des autres fluides spiritueux dans lesquels on le plongera, en considérant le nombre de degrés selon lesquels il s'enfoncera.

Le troisieme poids Q, plus pesant que les deux autres, s'adapte à cet instrument, lorsqu'il s'agit de juger de la pesanteur spécifique de différentes saumures, de sorte que le même instrument peut servir à déterminer la densité, ou la pesanteur respective de toutes sortes de liqueurs, en changeant les poids qui s'y adaptent.

On ne peut disconvenir que le principe sur lequel l'aréometre de *Musſenbroek* est construit, ne soit très-mécanique & très-

Digitized by Google

ingénieux: mais conſtruit d'après ce principe, eſt-il parfaitement exact, comparable, & approprié à tous les uſages auxquels on peut le deſtiner? La difficulté de le conſtruire, la matiere, dont il eſt fait, ſuſceptible d'être attaquée par l'humidité, les différens degrés d'attractions & de répulſions qui ſe remarquent entre le métal qu'on emploie, & les liqueurs de toute eſpece dans leſquelles on le plonge, & dont l'Auteur convient lui-même de bonne foi, ſont autant de raiſons qui l'ont fait abandonner. Auſſi pluſieurs célebres Phyſiciens, tels que *Clark*, *Deſaguilliers*, ont-ils toujours donné la préférence à l'aréometre de *Fareinheit*, qu'ils ne regardoient cependant pas comme abſolument parfait.

Aréometre de Fareinheit. Pl. 10, fig. 6.

(435) Il eſt fait communément d'une groſſe boule de verre ſoufflée A, (plan. 10, fig. 6,) à laquelle on adapte deux tiges dans la direction de ſon axe: l'une en-deſſus B, ſurmontée d'un baſſin D, dans lequel on puiſſe mettre des grains: l'autre C, vers l'extrémité de laquelle on remarque un petit poids E, ou plus communément une petite boule de verre leſtée de mercure, pour contenir l'inſtrument dans une ſituation perpen-

Digitized by Google

diculaire, lorſqu'il eſt plongé. Il doit être conſtruit de maniere qu'il ſoit ſpécifiquement moins peſant qu'aucune des liqueurs qu'on veut éprouver, & que, plongé dans la plus légere, il s'enfonce préciſément juſqu'à une marque *a*, établie & fixée ſur l'un des points de ſa tige ſupérieure B. Le baſſin D ſert à placer différens poids dont on a beſoin dans le ſervice de cet inſtrument.

Le poids total de cet inſtrument étant connu, on le plonge ſucceſſivement dans les liqueurs qu'on veut éprouver. On conçoit par ſa conſtruction, que toutes ces liqueurs étant ſuppoſées ſpécifiquement plus peſantes que celle ſur laquelle il a été réglé, il s'enfonce plus ou moins au-deſſous de la marque *a*, & qu'on eſt obligé de charger ſon baſſin D d'une quantité de poids plus ou moins grande, pour qu'il puiſſe arriver à ce point. Or, c'eſt par cette diverſité de poids qu'on ajoute, qu'on juge de la peſanteur ſpécifique des liqueurs qu'on éprouve, comparée à celle de la liqueur dont on s'eſt ſervi pour marquer le point *a*. Cette méthode eſt aſſez exacte, en ſuppoſant toutefois qu'on ſe ſoit ſervi de la liqueur la plus légere poſſible, & qu'on puiſſe retrouver par-tout une liqueur

Digitized by Google

auſſi légere pour graduer de ſemblables inſtrumens, comparables les uns aux autres : mais cette derniere condition n'eſt point auſſi facile à remplir qu'on pourroit l'imaginer. D'ailleurs, ce n'eſt que par des calculs, & par des calculs qui ne ſont point à la portée de tout le monde, qu'on peut déterminer préciſément la peſanteur ſpécifique des liqueurs, & l'amener à un terme commun.

(436) Les inconvéniens qui ſubſiſterent toujours dans l'uſage des peſe-liqueurs, exciterent de plus en plus l'émulation des Phyſiciens & des Amateurs ; & on peut même dire, à la gloire de notre ſiecle, que ſi on n'eſt point encore parvenu à les amener au degré de perfection auquel ils peuvent atteindre, on a fait néanmoins les recherches les plus intéreſſantes & les plus propres à remplir les vues des Savans qui s'en ſont occupés. On ne peut trop louer les travaux de MM. *Ratz de Lanthenée*, *Baumé*, *Poncelet*, *Poujet*, *Bories*, mais nous ne pouvons nous permettre d'entrer dans ce détail. Nous obſerverons ſeulement que la méthode de M. de *Lanthenée*, quoique la même, dans ſon principe, que celle de *Muſſenbroek*, eſt encore plus exacte dans l'exé-

Différentes méthodes pour perfectionner les aréometres.

Digitized by Google

cution, que celle de ce célebre Phyſicien, & que le ſervice de ſon inſtrument eſt encore plus étendu, puiſqu'outre l'uſage ordinaire auquel ces ſortes d'inſtrumens ſont deſtinés, il peut tenir lieu d'une balance hydroſtatique. On lit le détail de toutes ces opérations dans une petite brochure que l'Auteur fit imprimer en 1769. La méthode de M. *Baumé*, tout-à-fait différente de celles de ſes Prédéceſſeurs, eſt également ingénieuſe. Il prend la denſité de l'eau diſtillée pour premier terme de ſon échelle, & il continue ſa graduation avec la même eau, dont il augmente la denſité d'une quantité connue, par l'addition progreſſive d'une quantité donnée de ſel marin. On trouve l'expoſé de cette opération très-délicate, & qui laiſſe quelques difficultés à réſoudre, dans les Elémens de Pharmacie de cet habile Chymiſte. On ne doit pas moins eſtimer celle dont l'Abbé *Poncelet* s'eſt ſervi pour dreſſer l'échelle de ſon aréometre, dont la forme, & la conſtruction eſt la même que celle des aréometres ordinaires, & à laquelle il paroît que tous les Phyſiciens demeurent conſtamment attachés. Les deux extrêmes de ſon échelle ſont déterminés par les deux degrés d'enfoncement que prend ſon inſtrument,

Digitized by Google

lorſqu'il eſt plongé dans de l'eau diſtillée, & dans de l'eſprit-de-vin rectifié ſelon ſa méthode, qu'il regarde comme la plus parfaite, & qu'il expoſe fort au long dans un Mémoire couronné en 1771 par l'Académie de Montpellier. Les degrés intermédiaires de l'échelle ſont pris d'après des mêlanges faits d'eau diſtillée, & de ſon eſprit-de-vin, ſelon des proportions graduées & qu'il indique. Quelqu'exacte que paroiſſe, au premier aſpect, la méthode de cet ingénieux Phyſicien, elle eſt expoſée à des inconvéniens qu'on ne peut éviter, & ce ſont ces inconvéniens que M. *Bories* expoſe dans un Mémoire également couronné par l'Académie de Montpellier, en 1772. On ne peut douter, dit l'Auteur de ce ſavant Mémoire, qu'il ne ſe faſſe dans ces mêlanges, une véritable diſſolution, ſi l'on conſidere, ſoit la tendance réciproque des parties de l'une & de l'autre de ces liqueurs, ſoit l'adhérence qu'elles contractent en ſe mêlant, ſoit enfin l'effervescence qu'elles éprouvent avec chaleur & frémiſſement. D'ailleurs, continue M. *Bories*, les propriétés du mixte qui participe des principes compoſans, & la combinaiſon parfaite, après le repos, achevent la démonſtration. Un des

Digitized by Google

phénomenes les plus intéreſſans que préſente cette combinaiſon, & qui eſt commun à quelques diſſolutions, c'eſt la peſanteur ſpécifique, plus grande que les proportions du mêlange ne l'indiquent. D'où il ſuit que le volume du mêlange eſt toujours moindre que la ſomme des deux avant la combinaiſon, & cette perte de volume eſt différente, ſelon la proportion des ingrédients. Il faut donc, conclut M. *Bories*, connoître le degré de pénétration, ſi l'on veut déterminer au juſte les proportions de l'eau à l'eſprit-de-vin, dans les liqueurs compoſées de ces deux principes.

C'eſt en conſéquence de cette obſervation très-juſte & très-exacte, que M. *Bories* crut devoir mettre quelque différence entre ſes procédés & ceux de M. l'Abbé *Poncelet*, & qu'il conſtruiſit un nouvel aréometre, qui fut approuvé par l'Académie de Montpellier, & dont il faut lire la deſcription & l'uſage dans le Mémoire de ce célebre Phyſicien. On lira encore, avec plaiſir, un Mémoire également ſavant & curieux de M. *Pouget*, qui partagea avec M. l'Abbé *Poncelet*, en 1771, la palme académique. La méthode de M. *Pouget*, eſt, à peu de choſes près, la même

Digitized by Google

que celle de M. *Bories*. Auſſi l'Auteur rend-il, à la fin de ſon Mémoire, le juſte tribut d'éloges qu'il doit à ce dernier, ſur les travaux qu'ils ont faits en commun relativement à cet objet. Mais malgré les recherches de tous les Savans que nous venons de faire connoître, & de quantité d'autres dont nous n'avons point fait mention, il nous reſte encore quelque choſe à deſirer, pour que les aréometres répondent parfaitement aux vues de leur inſtitution. On peut, en attendant qu'on ſoit arrivé à ce but de perfection, ſe ſervir avantageuſement de ceux de MM. *Fareinheit*, *Baumé*, *Ratz de Lanthenée*, &c. Ce ſont ceux dont le Phyſicien inſtruit peut tirer le meilleur parti, pour juger de la peſanteur ſpécifique des liqueurs en général.

ARTICLE CINQUIEME.

Des phénomenes des tubes capillaires.

(437) Nous avons démontré dans l'article ſecond de cette ſection, que les liqueurs homogenes, ou de même denſité, s'élevoient à la même hauteur dans les vaiſſeaux communiquans. Nous avons fait obſerver enſuite les

Digitized by Google

applications qu'on a ſu faire de cette loi générale de la Nature. Nous parlerons ici des exceptions à cette loi générale. Or, ces exceptions dépendent de quelques circonſtances, qui ne peuvent influer ſur la certitude de cette loi, & qui ne dérangent en rien les applications qu'on en peut faire. Ces exceptions, en effet, ne ſe font remarquer, que lorſque les tubes dont on fait uſage, & qui communiquent avec le vaiſſeau ou le réſervoir principal, ſont *capillaires.*

(438) On entend par *tubes capillaires*, des tubes dont le diametre eſt quelquefois ſi petit, qu'on peut à peine y introduire un cheveu. Lorſqu'un tube de cette eſpece communique avec un réſervoir donné, ou avec un autre tube de plus de quatre à cinq lignes de diametre, on remarque que la liqueur compriſe dans les deux vaiſſeaux, s'éleve au-deſſus du niveau dans celui dont le diametre eſt plus petit. Définition.

Il n'eſt pas facile de ſavoir à qui nous ſommes redevables de la découverte des phénomenes dont il eſt ici queſtion. *Boyle* fut le premier qui la divulgua en Angleterre, & il en attribuoit la gloire aux Phyſiciens Incertitude ſur la découverte de ce phénomene.

Digitized by Google

de France (1) ; mais le Pere *Fabry* réclame cet honneur pour les Phyſiciens de Florence, ſans aſſigner le nom de l'Auteur (2). Ils ignoroient apparemment l'un & l'autre que cette découverte eſt due à *Nicolas Aggiunti*, mort en 1635, l'un des premiers Phyſiciens du grand Duc de Toſcane, & l'un des Fondateurs de l'Académie *Delcimento*.

Etendue de ce phénomene.

Quoi qu'il en ſoit de l'endroit où cette découverte prit naiſſance, elle doit être regardée comme extrêmement intéreſſante, eu égard à la multiplicité de phénomenes auxquels elle ſe rapporte, ainſi que le remarque très-judicieuſement *Sigorne* (3). Si les liqueurs, dit-il, qui ſont en petite quantité, ne ſe mettent pas de niveau ; ſi elles adherent au bord de certains corps, & qu'elles en fuient d'autres ; ſi leurs ſurfaces, au lieu d'être planes, affectent, dans certains cas, des figures particulieres ; ſi elles s'élevent juſqu'aux extrémités d'une éponge, d'une meche, d'un morceau de drap, d'une terre

(1) Boyle, experimen. phyſ. mech.

(2) Honor. Fabry. phyſ. t. III. prop. 255. digr. 1.

(3) Sigorne, inſtit. Newtonn.

Digitized by Google

ſeche & argilleuſe, des montagnes mêmes & des plantes ; c'eſt évidemment en vertu du même principe. Ce célebre Phyſicien porte encore ſes vues plus loin, & il étend encore davantage le diſtrict des tubes capillaires. C'eſt, dit-il, en vertu de ſemblables tubes, que les ſecrétions ſe font dans les glandes des animaux, & il prétend même que c'eſt à ce méchaniſme qu'on doit rapporter le paſſage du ſang dans les arteres capillaires.

(439) Sans nous occuper ici des prétentions de M. *Sigorne*, & de ceux qui ont embraſſé ſon opinion, il n'en eſt pas moins certain que le principe qui détermine les liqueurs à s'élever au-deſſus du niveau dans les tubes capillaires, joue un rôle très-étendu dans la Nature, & qu'il mérite, à cet égard, toute l'attention des Phyſiciens. Auſſi en eſt-il peu, depuis l'origine de cette découverte, qui ne s'en ſoit occupé ſérieuſement. On en jugera facilement par la multitude d'hypothèſes auxquelles ce phénomene a ſucceſſivement donné naiſſance, mais qu'on ne peut entendre, comme il convient, qu'après avoir examiné les principaux phénomenes que cette matiere offre à nos recherches.

Digitized by Google

Principaux phénomenes des tubes capillaires.

(446) L'eau, & toute autre liqueur, à l'exception du mercure, dont nous parlerons en particulier, s'élevent conſtamment au-deſſus du niveau dans tout eſpace capillaire quelconque. Nous diſons dans tout eſpace capillaire, parce qu'il n'eſt pas néceſſaire de n'employer que des tubes pour ces ſortes d'expériences. Elles réuſſiſſent également, lorſqu'on ſe ſert de deux lames de verre, écartées l'une de l'autre, de façon que l'eſpace qui les ſépare, n'excede pas les dimenſions d'un tube qu'on regarde comme capillaire, & telles que nous les avons indiquées (*Deſc. & uſ. d'un Cab. de Phyſ. t. 1*). Elles réuſſiſſent également bien encore, lorſqu'on plonge dans l'eau une meche de coton, une bande de drap, &c.

Le celebre *Muſſenbroek*, qu'on peut, à juſte titre, regarder comme un Phyſicien des plus exacts, nous fait obſerver (1) que ce phénomene, qu'on remarque ſi conſtamment, n'avoit cependant pas lieu, lorſqu'on faiſoit uſage de vieux tubes capillaires, qui auroient été négligés pendant long-temps. Je m'étois auſſi apperçu anciennement de cette

(1) Tranſ. phil. an. 1712. n. 336, art. 9.

Digitized by Google

ſinguliere exception ; je n'en avois cependant pas tenu compte juſqu'à un certain point. Je l'attribuois à quelques corps étrangers introduits avec l'air dans l'intérieur de mes tubes, & qui les obſtruoient ; mais il paroît qu'elle dépend plus particuliérement des parties graſſes qui flottent dans l'air, & qui s'attachent, à la longue, à la ſurface intérieure de ces tubes, ainſi que j'ai eu occaſion de l'obſerver depuis, & que je l'ai fait obſerver plus d'une fois dans mes Cours publics & particuliers.

Lorſqu'on veut donc s'aſſurer de l'élévation des liqueurs au-deſſus du niveau dans les tubes capillaires, ou dans tout autre corps qui peut faire fonction de tubes capillaires, il faut avoir ſoin de choiſir des tubes neufs, ou, s'ils ſervent depuis long-temps à ces ſortes d'expériences, il faut qu'ils aient été conſervés avec ſoin & bien bouchés. En plongeant un tube de cette eſpece dans un vaſe rempli d'eau colorée, pour qu'elle ſoit plus ſenſible dans l'intérieur du tube, ou dans toute autre liqueur, on obſervera conſtamment qu'elle s'éleve dans le tube à une hauteur plus ou moins grande, au-deſſus du niveau de la liqueur compriſe dans le réſervoir. On obſerve la

Premiere *Expérience.*

Digitized by Google

même choſe, lorſqu'on y plonge deux lames de glace, ou de verre écartées l'une de l'autre, par l'interpoſition d'un morceau de papier, ou d'une carte.

Phénomene particulier.

En répétant cette expérience avec ſoin, on obſerve que la liqueur ne s'éleve pas uniformément entre ces deux lames, mais bien qu'elle affecte une eſpece de courbe que le D. *Taylor* obſerva le premier, & dont il fait mention. *Hauxbée* (1) s'appliqua particuliérement à obſerver ce phénomene, & il crut, d'après une ſuite d'expériences qu'il fit à cet égard, que cette courbe étoit *hyperbolique*. M. *Mazeas* répéta ces mêmes expériences. Il en ajouta même pluſieurs à celles qu'on avoit publiées avant lui. Elles ſont on ne peut plus curieuſes, & elles font l'objet d'un Mémoire ſavant qu'il compoſa ſur cette matiere.

Une meche de coton, une bande de drap, &c. plongées dans un vaſe rempli d'eau, ou de toute autre eſpece de liqueur, produiſent des phénomenes de même eſpece. Les liqueurs s'y élevent progreſſivement à des hauteurs plus ou moins grandes, au-deſſus du niveau. On peut donc employer

(1) Exp. phyſ. méch. t. 2.

favorablement

Digitized by Google

favorablement des corps de cette eſpece, pour faire l'office des ſyphons, & conſéquemment pour tranſvaſer des liqueurs. Il ſuffit, pour cela, de faire plonger l'une de leurs extrémités dans le liquide qu'on veut tranſvaſer, & de laiſſer pendre l'extrémité oppoſée dans un vaſe ſitué au-deſſous du premier : la liqueur s'éleve inſenſiblement dans le filtre, & vient ſe décharger gouttes à gouttes dans le vaſe inférieur. On accélere néanmoins cet effet, ſi on a ſoin d'imbiber auparavant le filtre de la liqueur qu'on veut tranſvaſer.

Vaiſſeaux capillaires faiſant l'office de ſyphons.

(441) Une liqueur s'éleve d'autant plus haut au-deſſus du niveau, que le tube dont on fait uſage eſt plus capillaire. On ſe ſert, pour confirmer cette vérité, de pluſieurs tubes capillaires de différens diametres réunis les uns à côté des autres, tels que ceux que nous avons indiqués (*Deſc. & uſ. d'un Cab. de Phyſ.* t. 2, *plan. XXII, fig. 8*). Si on les plonge tous enſemble dans une même liqueur, on voit effectivement qu'elle s'éleve d'autant plus haut au-deſſus du niveau, que le tube dans lequel elle s'éleve eſt plus capillaire.

Seconde *Expérience.*

Si on retire ces tubes de la liqueur dans laquelle ils ſont plongés, & qu'on les tranſ-

Phénomene particulier.

porte ſans les agiter, la liqueur qui y ſera contenue, obéiſſant à l'action de la peſanteur qui la maîtriſe, ſe précipitera de haut en bas, & s'échappera des tubes: mais il en reſtera dans ces tubes une quantité égale à celle qui s'étoit élevée, dans chacun, au-deſſus du niveau, & cette portion de liqueur demeurera ſuſpendue à la partie inférieure de chaque tube.

Troiſieme *Expérience.*

(442) Si on examine, avec attention, la hauteur à laquelle une même liqueur s'éleve dans différens tubes capillaires, on verra que cette hauteur au-deſſus du niveau, ſuit exactement la raiſon inverſe ou réciproque du diametre de ces tubes; de ſorte que ſi elle s'éleve de ſix lignes, par exemple, au-deſſus du niveau, dans un tube dont le diametre ſeroit d'une ligne, elle s'éleveroit de douze lignes, ou d'un pouce, dans un tube dont le diametre ne ſeroit que d'une demi-ligne.

Obſervation ſur cette expérience.

Si les réſultats des expériences qu'on a répétées en différens temps, pour confirmer la vérité de ce phénomene, ne s'accordent pas toujours parfaitement avec la propoſition que nous venons d'avancer, nous croyons pouvoir aſſurer, malgré cela, que cette loi n'en eſt pas moins générale: que les excep-

Digitized by Google

tions qu'on a pu obſerver, ne tiennent point au principe, ou à la cauſe qui détermine les liqueurs à s'élever au-deſſus du niveau dans les tubes capillaires; mais qu'elle vient de la nature des verres dont on a fait uſage. J'ai, en effet, remarqué plus d'une fois, qu'une même liqueur ne s'éleve point à la même hauteur au-deſſus du niveau, dans des tubes capillaires de même diametre, mais faits de différente matiere. Cette obſervation ſe trouve très-conforme à celle qu'avoient fait avant moi le Docteur *Balbus*, (1) & le célebre *Muſſenbroek* (2). Le premier prit quatre tubes capillaires de même longueur, & de même diametre, mais dont chacun étoit de différente eſpece de verre. Il les plongea tous les quatre dans du mercure, & il obſerva très-bien que ce fluide s'éleva à différentes hauteurs dans les uns & dans les autres.

Phénomene particulier, concernant le mercure.

(443) Quoique tous les liquides connus s'élevent au-deſſus du niveau, dans les eſpaces capillaires, il n'en eſt pas ainſi du mercure. Ce fluide s'y tient conſtamment au-deſſous du niveau, & il s'y tient d'autant plus bas,

(1) Mém. préſentés à l'Acad. Roy. des Scien.

(2) Muſſenbroek, Cours de Phyſ. expér. t. 2.

que l'eſpace capillaire dans lequel il s'éleve, eſt plus capillaire.

Quatrieme *Expérience.* On ne peut répéter facilement une expérience de cette eſpece, avec un tube capillaire qu'on plongeroit, comme les précédens, dans du mercure. Il faut, pour la commodité de cette expérience, & pour en ſaiſir plus facilement le réſultat, ſe ſervir de tubes communiquans, l'un d'un grand diametre, & l'autre capillaire, tels que nous les avons indiqués (*Deſc. & uſ. d'un Cab. de Phyſ. t. 1, plan. XXII, fig. 5*). En verſant du mercure dans le plus gros des deux tubes, on voit que ce liquide s'éleve progreſſivement dans le tube capillaire, mais qu'il reſte toujours au-deſſous du niveau de la ſurface de mercure compriſe dans le gros tube.

En répétant cette expérience avec des tubes de différens diametres, on voit également que le mercure ſe tient d'autant plus bas au-deſſous du niveau, que ces tubes ſont plus capillaires; & ſi on meſure exactement la capacité de ces tubes, & les hauteurs auxquelles le mercure s'y contient, on voit que l'abaiſſement du mercure au-deſſous du niveau, ſuit pareillement la raiſon inverſe ou réciproque de la capacité des tubes.

Digitized by Google

Tels ſont les principaux phénomenes des tubes capillaires, phénomenes qu'il étoit important de connoître, avant d'entrer dans l'expoſition des différentes hypothèſes dont nous allons faire mention.

(444) On peut réduire à trois hypothèſes principales & fondamentales, toutes celles qu'on a imaginées juſqu'à ce jour, pour rendre raiſon des phénomenes des tubes capillaires. Cette maniere d'enviſager cette multitude d'hypothèſes, les rendra plus faciles à ſaiſir ; & c'eſt ainſi que l'Editeur d'*Hauxbée* les a préſentées dans l'excellent Ouvrage qu'il a publié (1).

Différentes hypothèſes pour expliquer les phénomenes des tubes capillaires.

La premiere claſſe comprendra celles dans leſquelles on attribue cet effet à l'inégale preſſion d'un fluide, lequel agiſſant plus efficacement ſur la maſſe liquide dans laquelle on plonge un tube capillaire, que ſur la petite colonne de liqueur qui s'éleve dans l'intérieur de ce tube, fait que les colonnes extérieures & ambiantes deviennent prépondérantes, & conſéquemment élevent la colonne intérieure au-deſſus du niveau de celles qui embraſſent le tube.

(1) Deſmarets, expér. phyſ. méch. t. 2, pag. 170.

Digitized by Google

On rangera dans la ſeconde claſſe, les hypothèſes de ceux qui admettent une certaine adhérence entre la colonne de liquide qui s'éleve dans un tube capillaire, & les parois de ce tube. Cette colonne preſſant moins alors la partie du fond qui lui répond, que les autres parties du même fond ne ſont preſſées par les colonnes extérieures, ces dernieres deviennent prépondérantes, & pouſſent celle qui eſt renfermée dans le tube, au-deſſus du niveau de la ſurface extérieure du liquide.

Ces deux claſſes, toutes différentes qu'elles paroiſſent, reconnoiſſent cependant la même cauſe immédiate de l'élévation des liqueurs au-deſſus du niveau. C'eſt dans l'une & dans l'autre la prépondérance des colonnes collatérales & extérieures qui produit cet effet, & elles ne different l'une de l'autre que dans la cauſe éloignée qui détermine la cauſe immédiate à agir. Dans la premiere hypotheſe, l'inégale preſſion de l'air ou de tout autre fluide quelconque ſur la liqueur compriſe dans le tube, & ſur celle dans lequel ce dernier plonge, produit la prépondérance des colonnes collatérales. Dans la ſeconde, cet effet ſe trouve produit par l'adhérence que la li-

Digitized by Google

queur contracte avec les parois intérieures du tube. Ces deux hypotheſes retombent donc l'une dans l'autre, quant à la cauſe immédiate du phénomene qu'elles tendent à expliquer.

La troiſieme claſſe comprendra les hypotheſes des Attractionnaires ; de ceux qui font dépendre ces phénomenes de la ſupériorité de la force attractive des tubes ſur celle que les molécules des liquides exercent les unes contre les autres.

(445) Le P. *Fabry* & pluſieurs autres Phyſiciens regardant avec lui les parties de l'air comme rameuſes & branchues (1), imaginerent que ces parties devoient s'embarraſſer mutuellement, & pénétrer difficilement dans la capacité des eſpaces capillaires, & même que cette difficulté devoit augmenter, à proportion que ces capacités, ou que le diametre des tubes capillaires devenoit plus petit. De-là, la colonne d'air qui pénetre dans l'intérieur d'un tube capillaire, preſſe moins fortement, ſuivant eux, la colonne de liquide qui s'y éleve, que l'air extérieur, qui jouit de toute la liberté poſſible

Hypotheſes de la premiere claſſe. 1°. Celle du Pere Fabry.

(1) Fabry, tract. V. lib. III. dig. 1.

Digitized by Google

d'agir, ne preſſe les colonnes extérieures & ambiantes.

Cela poſé, les dernieres colonnes deviennent prépondérantes, & elles ne peuvent être en équilibre avec celle qui s'éleve dans le tube capillaire, qu'autant que cette derniere compenſe par ſon excès d'élévation, ce qui manque à la preſſion qu'elle exerce contre la partie du fond qui la porte.

Comme les parties de l'air ſe trouvent d'autant plus gênées, en pénétrant dans l'intérieur d'un tube capillaire, que ce tube eſt plus capillaire, la colonne de liquide qui s'y éleve, eſt d'autant moins preſſée par la colonne d'air correſpondante. Cette colonne de liquide preſſe donc moins à proportion le fond du vaſe qui lui répond; ce qui augmente proportionnellement la prépondérance des colonnes collatérales, & conſéquemment celles-ci ſoulevent néceſſairement davantage la petite colonne de liquide compriſe dans le tube. D'où il ſuit que cette hypotheſe ſe concilie parfaitement avec les phénomenes que nous avons obſervés, & conſéquemment que les liquides doivent s'élever davantage au-deſſus du niveau, à proportion que les tubes ſont plus capillaires.

Digitized by Google

(446) Tout ingénieux & naturel que parût ce ſyſtême, il ne fut cependant point long-temps en crédit. Outre, en effet, qu'il eſt fondé ſur une hypotheſe purement gratuite, ſur la figure rameuſe & branchue qu'on attribue aux molécules de l'air, l'expérience lui fut tout-à-fait contraire; car on obſerva que les phénomenes des tubes capillaires ſe font remarquer avec la même intenſité, & de la même maniere, dans le vuide que dans le plein. *Réfutation.*

On ſe ſert très-favorablement, pour cet effet, de l'appareil que nous avons indiqué (*Deſc. & uſ. d'un Cab. de Phyſ. t. 2, plan. XXII, fig. 20*). Ce ſont deux tubes capillaires de même ou de différens diametres, établis l'un & l'autre ſur une petite planche de cuivre graduée, & dont ils excedent d'une quantité donnée le plan inférieur. Cet appareil étant monté ſur la tige d'une boëte à cuirs, & diſpoſé de maniere que les tubes puiſſent ſe mouvoir de haut & de bas ſous un récipient, on diſpoſe le tout ſur la platine de la machine pneumatique, & avant de faire le vuide, on fait plonger ces tubes dans une maſſe d'eau colorée, ayant ſoin toutefois de ne les plonger que juſqu'au niveau *Expérience.*

Digitized by Google

de la lame de cuivre, pour obſerver la hauteur à laquelle cette liqueur s'éleve au-deſſus du niveau, lorſque cette expérience ſe fait en plein air. Cela fait, on enleve les tubes de la liqueur dans laquelle ils plongent, & on fait le vuide auſſi exactement qu'il eſt poſſible de le faire, avec une excellente machine pneumatique. On réitere alors l'immerſion des tubes, juſqu'à la même profondeur, & on obſerve que la liqueur s'éleve encore à la même hauteur que précédemment, dans l'un & dans l'autre tube.

Obſervation ſur cette expérience.

Pour qu'on n'ait rien à objecter contre cette expérience, il faut avoir ſoin que l'eau, ou la liqueur qu'on employe, ſoit purgée d'air, dans l'un & dans l'autre cas. On y parvient auſſi facilement qu'il eſt poſſible, en la faiſant bouillir avant d'en faire uſage; car l'expérience démontre qu'une maſſe d'eau purgée d'air par voie d'ébullition, & expoſée enſuite au contact de l'air, ne s'en charge que très-lentement, & n'en abſorbe qu'une très-petite quantité en beaucoup de temps.

Inſtance en faveur de cette opinion.

(447) Les partiſans de l'hypotheſe du P. *Fabry* alléguent ici contre cette expérience, que le vuide de *Boyle*, celui qu'on fait avec une machine pneumatique, quelque

Digitized by Google

bonne qu'on la ſuppoſe, n'eſt point aſſez parfait, pour qu'on puiſſe compter ſur cette expérience. Ils aſſurent que l'air qui reſte néceſſairement ſous le récipient, qui ne s'évacue qu'en progreſſion géométrique, comme nous le démontrerons ailleurs, peut encore ſoutenir une colonne de mercure d'une ligne de hauteur, & conſéquemment une colonne d'eau de près de quatorze lignes; puiſque la peſanteur ſpécifique du mercure eſt à celle de l'eau, dans le rapport de près de quatorze à un.

Cette objection qui ne paroît point dépourvue de vraiſemblance, puiſqu'elle eſt établie ſur la certitude d'un fait qu'on ne peut détruire, eſt totalement réfutée par une expérience de *Boyle*. Il prit un tube capillaire, fermé hermétiquement d'un côté; & après l'avoir plongé dans une maſſe de liquide, il s'aſſura que la réſiſtance de l'air, renfermé dans la capacité de ce tube, s'oppoſoit invinciblement à ce que le liquide y pénétrât & s'y élevât. Il attacha alors ce tube ſur une tige de cuivre, mobile ſous un récipient qu'il poſa ſur la platine de la machine pneumatique, & de maniere que le tube pût deſcendre dans la même maſſe de liqueur

Réfutation.

Digitized by Google

qu'il diſpoſa au-deſſous. Il fit le vuide très-exactement, & après avoir fait deſcendre le tube dans la liqueur, il la vit s'élever au-deſſus du niveau.

M. *Deſmarets*, qui rapporte cette expérience, remarque fort judicieuſement à cet égard (1), que ſi l'air raréfié, qui reſte ſous le récipient de la machine pneumatique, produiſoit, par ſon inégale preſſion, l'élévation des liquides au-deſſus du niveau dans les tubes capillaires ouverts des deux côtés, ſon action devroit être aſſez ſenſible dans un tube fermé ſupérieurement, & empêcher que l'eau ne s'y élevât; puiſque cet air raréfié doit agir également, ſuivant l'hypotheſe, dans la partie ſupérieure du tube & dans le récipient, &, puiſqu'avant d'être raréfié, il s'oppoſoit à l'élévation de l'eau dans le tube, après la raréfaction, il devroit encore y mettre obſtacle.

Autre réfutation de la même hypotheſe.

(448) On peut encore ajouter à ce que nous venons de dire, contre l'hypotheſe du P. *Fabry*, que la difficulté qu'on y attribue à l'air, pour preſſer la colonne de liquide qui s'éleve dans le tube capillaire, eſt tout-à-

(1) Deſmarets, exp. phyſ. méch. t. 2.

Digitized by Google

fait ſuppoſée & démentie par l'expérience.

Conſtruiſez, en effet, un barometre ordinaire ABC (pl. 10, fig. 7), de maniere que le mercure ſtagnant compris dans la boule *acb*, ne puiſſe être ſoumis à la preſſion de l'air extérieur, que par l'intermede d'un tube capillaire *cd*, & vous obſerverez néanmoins que cette preſſion ſera auſſi efficace ſur la ſurface du mercure *ab*, que ſi l'air pénétroit librement dans la boule par une grande ouverture, puiſque la colonne de mercure ſera ſuſpendue dans le tube AB, à la même hauteur que dans un barometre ordinaire, mis en comparaiſon avec celui-ci. Non ſeulement cet effet aura lieu, mais encore les variations qui ſurviendront à la longueur de la colonne de mercure, ſeront auſſi ſenſibles & auſſi promptes dans l'un & dans l'autre inſtrument. La preſſion de l'air ſe fait donc également ſentir, ſoit qu'il agiſſe par l'intermede d'un tube ordinaire, ſoit qu'il ſoit obligé d'agir par le canal d'un tube capillaire. Pl. 10, fig. 7.

Si on ſe rappelle encore ici l'obſervation que nous avons rapportée (440), que les phénomenes des tubes capillaires ceſſoient de ſe faire obſerver; que la colonne de liqueur s'y tenoit ſuſpendue, à niveau préciſément

Digitized by Google

de la surface extérieure de la liqueur, lorsque ces tubes avoient été négligés, & qu'il s'étoit introduit des corps étrangers dans leur intérieur, on verra manifestement que la difficulté avec laquelle l'air peut pénétrer dans leur capacité, n'est pas la cause de l'élévation des liqueurs au-dessus du niveau, puisque cette difficulté doit encore être augmentée dans cette circonstance, & conséquemment que les liqueurs devroient s'y élever à une plus grande hauteur.

Enfin, si l'élévation des liqueurs au-dessus du niveau, étoit occasionnée par l'inégale pression de l'air, ou de tout autre fluide qu'on puisse imaginer, il est constant, comme le remarque très-bien *Musſenbroek* (1), que ces liqueurs s'éleveroient dans les tubes de cette espece, à des hauteurs qui seroient en raison inverse de leurs densités. Or, l'expérience est tout-à-fait contraire à ce phénomene. *Expérience.* Plongez, en effet, un même tube capillaire dans des liqueurs dont les densités soient très-différentes, supposons dans l'eau colorée, & ensuite dans de l'esprit-de-vin coloré; remarquez les hauteurs auxquelles

(1) Musſenbroek, Cours de Phyſ. t. 2.

Digitized by Google

ces deux liqueurs s'éleveront dans ce tube, & vous obſerverez que la hauteur de l'eſprit-de-vin ne ſera que ſous-double, ou à peu de choſe près, de l'élévation de l'eau au-deſſus du niveau.

(449) *Muſſenbroek* nous propoſe une méthode aſſez exacte pour meſurer la véritable élévation d'une liqueur au-deſſus du niveau dans un tube capillaire. Prenez, nous dit-il (1), des tubes de verre que vous ferez fondre à la flamme d'une lampe, & que vous tirerez à la longueur de quelques pieds. Coupez enſuite les deux extrêmités de ces tubes, qui ſeront plus groſſes, & dont le diametre intérieur ſera plus grand que celui des tubes.

Méthode de meſurer exactement la hauteur à laquelle les liqueurs s'élevent au-deſſus du niveau.

Cette premiere opération étant faite, prenez un de ces tubes de trois à quatre pieds de longueur; placez-le dans une ſituation perpendiculaire à l'horiſon, & plongez une de ſes extrêmités dans quelque fluide, à la profondeur d'environ $\frac{1}{10}$ de pouce. Lorſqu'il y aura ſéjourné environ l'eſpace d'une minute, retirez-le, & meſurez alors la petite quantité de fluide qui demeurera ſuſpendue: mettez par écrit cette obſervation, afin de ne pas

(1) Muſſenbroek, Cours de Phyſ. t. 2.

Digitized by Google

vous méprendre, & coupez alors la portion du tube qui ſera remplie de liquide, & le reſte du tube pourra être conſidéré comme un nouveau tube de même diametre que le précédent. Plongez-le dans un autre fluide, en obſervant les mêmes précautions, & ainſi de ſuite. Si le tube eſt ſuffiſamment long pour répéter deux fois la même expérience avec le même fluide, afin d'obſerver ſi la hauteur demeure conſtamment la même, les réſultats en ſeront plus certains.

Il réſulte manifeſtement de tout ce que nous venons de faire obſerver précédemment, qu'on ne peut attribuer les phénomenes des tubes capillaires à l'inégale preſſion de l'air. Mais l'hypotheſe du Pere *Fabry* étoit trop ingénieuſe & trop méchanique en même temps, pour qu'on ſe déterminât à l'abandonner tout-à-fait, & qu'on ne cherchât pas les moyens de la modifier & de la ſouſtraire aux difficultés qui la détruiſoient de fond en comble. C'eſt ce que firent pluſieurs Phyſiciens, parmi leſquels nous diſtinguerons *Jacques* & *Daniel Bernoulli*, *Hartſoeker*, *Dufay* & quelques autres.

Hypotheſe de Jacques Bernoulli.

(450) *Jacques Bernoulli* ne fit que rectifier l'hypotheſe du Pere *Fabry*. Il ſuppoſa une

une autre figure aux parties de l'air (1); il les regarda comme de petits globules dont un certain nombre peut remplir exactement la capacité d'un tube. De là, si le diametre du tube est trop petit pour que ces globules puissent être rangés les uns auprès des autres, sur une même ligne droite, ils s'élevent, dit *Bernoulli*, vers les bords, ils y laissent un vuide, & ils y pressent moins que vers le milieu. Ils forment donc une courbe, & ils font prendre à l'eau qui se moule sur ces globules, une surface concave. Or, comme l'air agit plus librement au dehors, la pression prévaut au dehors, & de-là, l'élévation dans l'intérieur du tube.

On voit manifestement ici que *Jacques Bernoulli* ne s'est spécialement attaché qu'à supposer à l'air une figure propre à agir moins efficacement dans l'intérieur d'un tube capillaire, que sur la surface du liquide dans lequel il est plongé. Tout le fond de son hypothese est exactement le même que celui du Pere *Fabry*, & conséquemment elle se trouve réfutée par les mêmes raisonnemens & les mêmes expériences qui détruisent celle de ce dernier. On pourroit cependant ajouter

(1) Bernoulli, Dissert. sur la pesant. de l'air.

Digitized by Google

ici, que celle de *Bernoulli* eſt expoſée à un plus grand nombre de difficultés. Dans la ſuppoſition de ce célebre Phyſicien, les parties de l'air étant globuleuſes, ne pourroit-il pas ſe trouver un tube dont le diametre intérieur fût égal au diametre des globules de l'air? & dans ce cas, ces globules ſe trouvant rangés les uns au-deſſus des autres, & dans la même ligne droite, l'aſcenſion de la liqueur au-deſſus du niveau, ne pourroit avoir lieu.

Hypotheſe de Daniel Bernoulli.

(451) *Daniel Bernoulli* ſentit parfaitement toute la fauſſeté de l'hypotheſe de ſon oncle, & ce fut ce qui l'engagea à ſubſtituer aux globules de l'air les *balons de la matiere éthérée*. Il ſuppoſe (1) que ces balons ſe font jour à travers les pores du verre, & que chacun de ces balons, étant plus gros que les molécules de l'eau, ils ne rempliſſent pas exactement la capacité d'un tube capillaire, & conſéquemment qu'ils preſſent inégalement la ſurface de l'eau, & celle de la petite colonne d'eau qui s'éleve dans un tube capillaire. Mais comment peut-on ſuppoſer que des parties plus groſſieres que l'eau, puiſſent

(1) Bernoulli, act. de Leipſ.

Digitized by Google

paſſer à travers les pores du récipient, qui refuſent paſſage à l'eau & à d'autres parties plus ſubtiles encore ?

(452) *Hartſoeker* (1) tombe dans la même erreur que le Pere *Fabry*, mais il donne plus de vraiſemblance à ſon hypotheſe. Il ſuppoſe que la colonne d'air preſſe moins vers les bords, que vers le milieu, la petite colonne de liqueur qui s'éleve dans un tube capillaire : cette colonne s'éleve donc un peu autour des parois de ce tube, & prend une ſurface concave. Les parties élevées n'étant point ſoutenues, retombent ſur le centre de cette colonne, & font place à de nouvelles parties qui s'élevent également, pour retomber de nouveau ſur le milieu de la colonne ; ce qui l'éleve au-deſſus du niveau des colonnes extérieures & ambiantes. Hypotheſe d'Hartſoeker.

Si l'expérience du vuide qui réfute ſi bien l'hypotheſe du Pere *Fabry*, ne réfutoit pas également celle de *Hartſoeker*, on pourroit attaquer directement le méchaniſme qu'il expoſe : on voit, au premier aſpect, qu'il eſt fort éloigné d'être conforme aux loix de l'hydroſtatique. Réfutation.

(1) Hartſoeker, Recueil de pieces phyſ.

Digitized by Google

On ne conçoit pas, en effet, comment il peut ſe faire que la force qui oblige l'eau à s'élever un peu contre les parois du tube, ne ſoit pas ſuffiſante pour l'y contenir, puiſque d'ailleurs la preſſion de l'air, étant plus forte, dans cette hypotheſe, ſur le centre de la colonne, que ſur les parties environnantes, elle ne devroit pas peu contribuer à cet effet, & qu'on peut dire que cette élévation doit ſe faire de maniere qu'il y ait équilibre entre la preſſion qui ſe fait ſentir au centre de la colonne, & celle qui s'exerce autour des parois, ſur les parties correſpondantes de la liqueur. Mais cette réfutation particuliere devient inutile : l'expérience ſeule ſuffit pour détruire cette hypotheſe, ſuivant laquelle les phénomenes des tubes capillaires ne pourroient avoir lieu dans le vuide.

Nous paſſerons ici ſous ſilence une multitude d'autres hypotheſes, établies ſur le même principe. Elles ſont également réfutées par la même expérience ; & nous ne nous propoſons que de donner une idée générale, mais ſuffiſante, des différens moyens que les Phyſiciens ont imaginés pour expliquer les phénomenes des tubes capillaires.

Hypotheſes de la ſeconde claſſe.

(453) Si les hypotheſes dont nous venons

Digitized by Google

de faire mention, & dans lesquelles on attribue l'élévation des liqueurs au-dessus du niveau, dans les tubes capillaires, à l'inégale pression de l'air, ou de tout autre fluide quelconque, sont démenties par l'expérience, & sont tombées en discrédit parmi les Physiciens, celles que nous avons rangées dans la seconde classe, celles dans lesquelles on veut expliquer les mêmes phénomenes par l'adhérence que les liqueurs contractent avec les parois des tubes, ne paroissent pas mieux fondées, & sont également contraires à l'expérience.

Dans celles-ci, comme dans les premieres, on admet également deux causes, l'une occasionnelle & éloignée, l'autre immédiate, ainsi que nous l'avons observé précédemment (444). La premiere est l'adhérence dont nous venons de parler. Cette adhérence occasionne la prépondérance des colonnes collatérales & ambiantes, & cette prépondérance devient la cause immédiate de l'élévation de la liqueur.

Cette cause, à la vérité, qui fait le principal agent des hypotheses dont il est ici question, ne fut point connue d'*Isaac Vossius*, qu'on doit regarder comme l'auteur & le chef de

Hypothese de Vossius.

cette opinion, puiſqu'il imagina le premier d'avoir recours à l'adhérence que les liquides contractoient avec les parois des tubes capillaires, & que, ravi de cette idée, il imagina que la ſeule adhérence ſuffiſoit pour expliquer les phénomenes des tubes capillaires (1).

Hypotheſe de Borelly.

(454) Ce fut le célebre *Borelly* qui ſentit le premier l'inſuffiſance de cette ſeule cauſe; & qui rectifia l'hypotheſe de *Voſſius*, en ajoutant à l'adhérence des liqueurs dans les tubes, la prépondérance des colonnes collatérales & ambiantes. On ne peut cependant diſconvenir que cette hypotheſe ne devînt ſatisfaiſante, & propre à en impoſer, qu'entre les mains de M. *Carré*. Pour éviter d'entrer dans un détail aſſez inutile, & qui d'ailleurs ne nous inſtruiroit pas plus parfaitement de ces ſortes d'hypotheſes, nous nous bornerons à analyſer ici celle de ce célebre Académicien, & à faire obſerver combien il ſut profiter des idées de ceux qui l'avoient devancé, comment il les développa; & il parvint à donner à cette hypotheſe, très-ingénieuſe

(1) Voſſius, de nili & aliorum fluminum origine, cap. 2.

Digitized by Google

en elle-même, toute la célébrité dont elle jouit pendant un certain temps dans l'Ecole.

(455) Lorsqu'on plonge un tube capillaire dans une masse de liquide, dit M. *Carré*, la colonne qui s'y éleve contracte une certaine adhérence avec les parois de ce tube. Cette adhérence diminue la pression que cette colonne exerceroit sans cela contre la partie du fond du vase, sur laquelle elle repose. Les colonnes collatérales & extérieures deviennent donc prépondérantes; & par leur excès de pression, elles élevent au-dessus du niveau la colonne intérieure, & elles l'élevent jusqu'à ce qu'elle compense, par l'excès de sa hauteur, ce qui manque à son poids pour être en équilibre avec les colonnes extérieures. Hypothese de M. Carré.

Il suit de-là, que plus la colonne renfermée dans le tube, contracte d'adhérence avec les parois de ce tube, plus les colonnes collatérales & ambiantes deviennent prépondérantes, & plus la colonne intérieure est élevée au-dessus du niveau. Or, cette adhérence dépend du plus ou du moins de disposition que les parties de différens corps ont à s'appliquer intimement les unes contre les autres, & cette disposition dépend elle-

Digitized by Google

même de leurs figures. Mais comme la configuration des parties de différens corps doit être plus ou moins avantageuse pour procurer à ces corps la facilité de s'attacher les uns aux autres, il s'ensuit qu'on peut rendre raison, dans cette hypothese, de quantité de phénomenes qu'on ne peut expliquer dans celles de la premiere classe.

Si on demande donc à M. *Carré*, pourquoi, par exemple, l'eau plus pesante que l'esprit-de-vin, s'éleve néanmoins, toutes choses égales d'ailleurs, à une plus grande hauteur au-dessus du niveau, comme nous l'avons déjà indiqué (448), la réponse suit naturellement de ses principes.

La surface des molécules de l'eau touche en un plus grand nombre de points celle du verre, ou de tout autre corps poli, tandis que les parties de l'esprit-de-vin, quoique plus légeres, n'ont point une disposition si avantageuse, pour s'y appliquer. Ces dernieres sont donc moins maîtrisées par la force de l'adhérence, & conséquemment moins soutenues. Les colonnes collatérales n'acquierent donc point une aussi grande prépondérance, & conséquemment la colonne intérieure comprise dans le tube capillaire, ne

Digitized by Google

doit point être élevée à une hauteur auſſi conſidérable au-deſſus du niveau, pour être en équilibre avec les colonnes ambiantes.

Expérience favorable à cette hypotheſe.

Pour prouver que l'adhérence aux parois du tube joue le principal rôle dans les phénomenes des tubes capillaires, M. *Carré* enduiſit l'intérieur de pluſieurs tubes avec des matieres graſſes, telles que de la cire fondue, du ſuif, de l'huile, & il remarqua que l'eau ne s'élevoit point au-deſſus du niveau dans ces ſortes de tubes. Il obſerva encore que s'il n'enduiſoit que la moitié de la circonférence du canal de ces tubes, les liqueurs ne s'élevoient point au-deſſus du niveau de ce côté, mais qu'elles s'y élevoient du côté oppoſé. Il obſerva bien plus, qu'en plongeant ces tubes dans une maſſe d'eau, de maniere que la portion enduite du tube fût au-deſſous de la ſurface de l'eau, dans laquelle il faiſoit cette immerſion, l'eau montoit alors au-deſſus du niveau, dans la partie non enduite des tubes, & qu'elle s'y élevoit ſelon la loi ordinaire, c'eſt-à-dire, en raiſon inverſe du diamètre de ces tubes.

Cette derniere loi, dont nous avons déjà fait mention (442), s'accorde encore très-bien avec l'hypotheſe de M. *Carré*, puiſque,

Digitized by Google

toutes choſes égales d'ailleurs, un tube d'un plus petit diametre préſente plus de ſurface à la liqueur, proportionnellement à la maſſe qui s'y éleve.

Réfutation. (456) Aucune hypotheſe ne paroît au premier aſpect plus exacte que celle de M. *Carré*. Les phénomenes des tubes capillaires y ſont développés d'une maniere très-ſpécieuſe; mais on découvre aiſément la fauſſeté de cette opinion, dès qu'on entre dans le détail des phénomenes.

Si on doit en effet l'élévation des liqueurs au-deſſus du niveau, à la prépondérance des colonnes collatérales & ambiantes, & que la prépondérance de ces dernieres ſoit l'effet de l'adhérence que contracte avec les parois du tube, la liqueur qui s'éleve dans ſa capacité, il eſt conſtant que cette adhérence ne peut augmenter que la prépondérance, & conſéquemment l'élévation au-deſſus du niveau, n'augmente à proportion. Or, cette adhérence, & conſéquemment la prépondérance des colonnes collatérales & ambiantes doivent néceſſairement augmenter, lorſqu'on plonge un tube plus profondément dans une maſſe de liqueur, ainſi que M. de *Bulfinger* (1) l'a

(1) Mém. de l'Acad. de Pétersbourg, t. 2.

Digitized by Google

démontré d'une maniere fort curieuſe, & qu'on peut en rendre facilement raiſon.

L'aſcenſion de l'eau, comme le remarque très-judicieuſement le Commentateur d'*Hauxbée* (1), doit être en raiſon compoſée de la directe des forces qui contribuent à la faire monter, & en raiſon inverſe des obſtacles qui s'oppoſent à ſon élévation. Or, les ſurfaces & la longueur des colonnes collatérales ſont, dans le ſyſtême de M. *Carré*, des forces qui concourent à élever l'eau, & le poids de l'eau eſt le ſeul obſtacle qu'elles aient à vaincre. Si on enfonce donc un tube capillaire, déjà plongé dans l'eau, & qu'on l'enfonce à une profondeur trois ou quatre fois plus grande, les ſurfaces adhérentes, les colonnes collatérales ambiantes deviendront pareillement trois à quatre fois plus longues. La colonne d'eau qui s'élevé dans le tube, ſera donc maîtriſée trois à quatre fois davantage, de la part des forces qui l'élevent. Elle doit donc s'allonger dans la même proportion, & monter trois à quatre fois plus haut au-deſſus du niveau, au-deſſus du point auquel elle étoit ſuſpendue dans la premiere immerſion.

(1) Deſmarets, expér. phyſ. méch. t. 2.

Digitized by Google

Suppoſons, dit M. *Deſmarets*, qu'un tube d'un diametre donné, ſoit enfoncé dans l'eau à un pouce de profondeur, & que l'élévation de l'eau au-deſſus du niveau ſoit de ſix lignes. La longueur de la colonne d'eau dans le tube, eſt donc alors d'un pouce ſix lignes, & elle y eſt ſoutenue par des colonnes extérieures d'un pouce de hauteur, & par une ſurface d'un pouce ſix lignes de hauteur, qui ſe trouve alors en contact avec les parois intérieures du tube. Si on enfonce ce tube d'un pouce au-delà de la premiere immerſion, on allonge les colonnes collatérales de toute la profondeur de cette nouvelle immerſion; mais, puiſque le poids de ces colonnes agit comme cauſe motrice de l'élévation de l'eau, voilà donc un double poids que vous leur ajoutez, & qui conſéquemment doit produire un effet double; car ce double poids doit produire une double prépondérance, puiſque l'adhérence contre les parois intérieures du tube augmente à proportion de l'immerſion. Plus, en effet, un tube eſt plongé profondément, & plus grand eſt à proportion le nombre des molécules qui s'élevent dans le tube. Mais cette derniere quantité ne peut augmenter, que leur adhérence n'augmente

dans la même proportion. L'effet qui en réſulte, ſavoir, la prépondérance, ſuit donc le même rapport, & conſéquemment l'élévation de l'eau au-deſſus du niveau doit augmenter à proportion. Or, dans le premier cas, un pouce d'immerſion donnoit ſix lignes au-deſſus du niveau : deux pouces doivent donc en donner douze, & conſéquemment la colonne d'eau devroit être élevée de trois pouces dans l'intérieur du tube ; ce qui eſt manifeſtement contraire à l'expérience.

Expérience Attachez quatre fils ſur la circonférence d'un tube capillaire, de même calibre dans toute ſa longueur, l'un à un pouce de hauteur, l'autre à deux pouces, les deux autres mobiles au-deſſus de chacun des deux dont nous venons de parler : plongez ce tube dans une maſſe d'eau colorée, juſqu'à un pouce de profondeur, indiqué par le premier fil, & marquez, à l'aide du fil mobile qui eſt au-deſſus, la hauteur à laquelle l'eau s'éleve au-deſſus du niveau.

Plongez enſuite ce tube plus profondément, juſqu'au ſecond fil fixe : l'immerſion du tube acquerra une double profondeur ; marquez pareillement l'élévation de la liqueur au-deſſus du niveau, à l'aide du fil

Digitized by Google

mobile qui ſe trouve au-deſſus de celui qui indique cette nouvelle immerſion ; retirez le tube de l'eau, & meſurez la diſtance qui ſe trouve entre chaque fil fixe & le fil mobile qui lui répond, & vous obſerverez que ces deux diſtances ſont égales ; ce qui prouve que l'élévation de l'eau au-deſſus du niveau demeure conſtamment la même, lorſque le tube eſt plongé plus ou moins profondément.

On obſerveroit encore la même choſe ; l'élévation de l'eau au-deſſus du niveau ſeroit encore la même, dans le cas où le tube ne feroit que lécher la ſurface de l'eau. L'élévation de l'eau au-deſſus du niveau ne ſuit donc point la raiſon directe de la profondeur de l'immerſion, ni conſéquemment la raiſon directe de l'augmentation de l'adhérence & de la prépondérance des colonnes collatérales & ambiantes. On ne doit donc pas regarder cette adhérence & cette prépondérance comme les cauſes des phénomenes que les tubes capillaires nous font obſerver.

Phénomene inexpliquable dans cette hypotheſe.

(457) Quand il ſeroit poſſible d'éluder la force de cet argument, qui réfute complettement l'hypotheſe de M. *Carré*, la ſuſpen-

Digitized by Google

ſion du mercure au-deſſous du niveau ſeroit au moins un phénomene important, qui deviendroit inexplicable dans cette hypotheſe, & qui conſéquemment en feroit ſentir l'inſuffiſance. Diroit-on que ce liquide, ne contractant aucune adhérence avec les parois du tube, n'eſt aucunement ſoutenu. Dans ce cas, il devroit donc s'élever juſqu'au niveau, puiſqu'une colonne quelconque de liquide ne peut être en équilibre avec une autre colonne de même liquide, qu'autant qu'elles ont l'une & l'autre une même hauteur perpendiculaire.

(458) Si on ſe rappelle ce que nous avons fait obſerver (444), au ſujet des hypotheſes de la premiere & de la ſeconde claſſe, on verra que dans l'une & dans l'autre, c'eſt préciſément à la même cauſe immédiate qu'on attribue l'élévation de l'eau au-deſſus du niveau dans les eſpaces capillaires. On peut donc dire, en ne comparant ces deux hypotheſes que relativement à cette cauſe, que dans l'une & dans l'autre, l'élévation de l'eau n'eſt due qu'à la prépondérance des colonnes collatérales & ambiantes. Or, une expérience faite anciennement par M. *Rohault*, détruit de fond en comble l'avan-

Digitized by Google

tage qu'on peut attendre de la prépondérance des colonnes extérieures & ambiantes.

Expérience qui détruit cette hypothèse.

Si on fait couler quelques gouttes d'une liqueur colorée quelconque sur la surface extérieure d'un tube capillaire disposé obliquement, ou dans une situation inclinée à l'horison, ce liquide étant descendu, par sa propre gravité, vers le bord inférieur du tube, s'élancera dans sa cavité, s'y élevera, & y demeurera suspendu à une hauteur égale à celle qu'il eût acquise au-dessus du niveau, si on eût plongé ce tube dans une masse de même liquide. Or, on ne peut attribuer ici l'élévation de la liqueur à la prépondérance des colonnes collatérales, puisque le tube n'est point plongé dans une masse de liquide. Reste donc à indiquer une autre cause différente du méchanisme que nous avons exposé, en analysant les hypotheses de la premiere & de la seconde classe.

Hypotheses de la troisieme classe. Celle d'Hauxbée.

(459) *Hauxbée* fut le premier qui mit l'attraction en jeu, pour expliquer les phénomenes dont il est ici question; & voici, en peu de mots, les principes sur lesquels il établit son hypothese (1).

(1) Hauxbée, exp. phys. méch. t. i.

Toutes

Digitized by Google

Toutes les molécules des corps exercent, dit-il, une force attractive les unes contre les autres : cette force, toutes choſes égales d'ailleurs, eſt proportionnelle à la denſité des corps. Le verre, par exemple, attire plus fortement les molécules d'eau, ou de tout autre liquide, à l'exception du mercure & des métaux fondus, que les molécules de ces liquides ne s'attirent entre elles.

Lorſqu'on renverſe, en effet, un verre rempli d'eau, quelque adhérence que les dernieres parties de cette eau qui s'écoule, aient avec celles qui reſtent dans le verre, ces dernieres, plus maîtriſées par l'attraction du verre, avec leſquelles elles ſont en contact, reſtent dans le verre, & ne peuvent s'écouler avec celles qui tendent à les entraîner. C'eſt donc en vertu de la ſupériorité de la force attractive du verre, qu'on ne peut deſſécher aiſément la ſurface d'un verre, lorſqu'elle eſt humide.

Mais il n'en eſt pas ainſi de l'attraction que le verre exerce ſur les fluides, dont la denſité eſt ſupérieure à la ſienne. Quoiqu'il exerce contre eux une force attractive qui ſe manifeſte ſenſiblement en pluſieurs cas, celle que leurs molécules exercent les unes contre

Digitized by Google

les autres, eſt ſupérieure à la force attractive avec laquelle le verre tend à les attirer.

Expérience. Attraction entre le mercure & le verre.

Une petite goutte de mercure, par exemple, étant placée ſur un plan, telle qu'une feuille de papier, s'attache à l'angle d'un morceau de verre qu'on lui préſente, & elle y demeure adhérente par la force attractive du verre, parce que celle-ci maîtriſe alors l'effort de la peſanteur, qui tend à détacher la goutte de mercure, & à la faire tomber. Mais ſi on tranſporte alors ce verre dans le voiſinage d'une groſſe goutte de mercure, & qu'on l'approche de maniere que la petite goutte ſuſpendue à l'angle du verre, en ſoit très-proche, on voit auſſi-tôt cette derniere s'élancer, & ſe porter dans la groſſe goutte, avec laquelle elle ſe confond. On doit donc conclure de cette expérience, que, quoique le verre exerce une force attractive contre le mercure, ſuffiſante pour vaincre le poids d'une petite goutte de ce fluide, cette force eſt néanmoins de beaucoup inférieure à celle que les molécules de mercure exercent les unes contre les autres.

Plus forte entre les molécules de mercure.

(460) A l'aide de ces deux principes, M. *Hauxbée* ſe propoſa de rendre raiſon de tous les phénomenes des tubes capillaires,

Digitized by Google

& voici comment il raiſonna. Lorſqu'on plonge un tube capillaire dans une maſſe d'eau, la colonne qui ſe préſente à l'orifice de ce tube, s'y éleve, ſelon les loix que nous avons expoſées, en traitant des vaiſſeaux communiquans. Mais les parties de cette colonne qui ſont en contact avec les parois du tube, ſont attirées avec une force ſupérieure à celle avec laquelle elles s'attirent elles-mêmes. Cet excès de force attractive ſoutient une partie du poids de la colonne élevée. Les colonnes ambiantes & extérieures deviennent donc prépondérantes, & elles pouſſent dans le tube une quantité ſuffiſante de liquide, pour que l'excès de ſon élévation au-deſſus du niveau, compenſe le poids de la colonne, ſoutenu par la force attractive des parois intérieures du tube. Or, les tubes d'un plus petit diametre préſentent proportionnellement plus de ſurface que ceux dont le diametre eſt plus grand. La force attractive des premiers eſt donc ſupérieure à celle de ces derniers. La colonne qui s'y éleve, perd donc une plus grande partie de ſon poids, & conſéquemment, s'éleve davantage au-deſſus du niveau.

(461) Le ſyſtême de *Hauxbée* ne differe Réfutation.

Digitized by Google

point eſſentiellement de celui de M. *Carré.* La cauſe immédiate de l'élévation des liqueurs au-deſſus du niveau, eſt préciſément la même dans l'un & dans l'autre : c'eſt, de part & d'autre, la prépondérance des colonnes collatérales & extérieures. Quant à la cauſe éloignée, c'eſt bien encore la même, déſignée par deux expreſſions différentes. Dire, en effet, avec M. *Carré*, que la colonne de liqueur qui s'éleve dans le tube, y eſt ſoutenue, en partie, par ſon adhérence avec les parois de ce tube, & dire, avec M. *Hauxbée*, qu'elle eſt ſoutenue par l'attraction qui la maîtriſe, c'eſt bien le même méchaniſme, l'adhérence n'étant, comme nous l'avons démontré dans la premiere Section, que l'effet de l'attraction, qui maîtriſe toutes les parties de la matiere.

L'expérience que nous avons indiquée (458) contre le ſyſtême de M. *Carré*, ſuffiroit donc ſeule pour réfuter celui de M. *Hauxbée*; mais nous inſiſterons encore ſur ce dernier, & nous expoſerons ici une difficulté inſoluble, qui lui fut oppoſée par le D. *Jurin* (1).

Objection du D. Jurin.

La ſuſpenſion de la liqueur au-deſſus du

(1) Jurin, Tranſ. philoſ. v. 255, art. 2.

Digitized by Google

niveau, dans un eſpace capillaire, ſuit conſtamment la raiſon inverſe du diametre de l'eſpace dans lequel elle s'éleve (442). Une liqueur quelconque s'élèvera donc une fois davantage dans un tube dont le diametre ſera ſous-double de celui d'un autre : mais la maſſe d'eau compriſe dans le plus gros des deux tubes, eſt plus grande que celle qui eſt contenue dans l'autre, où elle occupe plus d'étendue en longueur.

Une colonne d'eau, en effet, ſuſpendue dans un tube cylindrique, eſt égale au produit de ſa hauteur par le quarré de ſon diametre, ainſi qu'on le démontre en Géométrie. Si nous exprimons donc par D & *d*, les diametres des tubes, dont il eſt ici queſtion, par A & *a*, les hauteurs des cylindres d'eau ſuſpendus dans ces tubes, & par C & *c*, ces colonnes elles-mêmes ; la colonne contenue dans le grand tube, ſera déſignée par ADD, & celle qui ſera compriſe dans le petit tube, le ſera par *add*. On aura donc la proportion ſuivante : C eſt à *c*, comme ADD eſt à *add*. Mais, par la ſuppoſition, les hauteurs A & *a* ſont en raiſon inverſe des diametres ; ce qui donne cette ſeconde proportion : A : *a* :: *d* : D ;

mais dans toute proportion géométrique ; le produit des extrêmes est égal au produit des moyens ; on aura donc, en effectuant ces produits, AD égal à *ad*. Donc, si on divise, dans la premiere proportion, les termes de la seconde raison, par ces deux quantités égales AD, *ad* : on aura C : $c :: \frac{ADD}{AD} : \frac{add}{ad}$; ce qui se réduira à la suivante ; C : *c* :: D : *d* ; c'est-à-dire, que la quantité d'eau de la colonne renfermée dans le tube, dont le diametre est double, sera à la quantité d'eau de la colonne soutenue dans le tube, dont le diametre est sous-double, comme le diametre du premier tube est au diametre du second. Il y aura donc une fois plus d'eau dans le tube où la liqueur sera une fois moins élevée.

Or, la surface du petit tube est proportionnellement plus grande que celle du grand tube : la force attractive que les points de ces deux surfaces exercent contre le liquide, est donc plus grande dans le petit que dans le grand de ces deux tubes. Elle devroit donc élever une plus grande quantité d'eau dans le premier ; ce qui est directement contre l'expérience.

Digitized by Google

(462) Ce fut ſpécialement cette difficulté qui détermina le D. *Jurin* à avoir recours à une autre façon d'agir de la part de l'attraction, comme on peut le voir d'une maniere très-développée dans les deux Mémoires qu'il lut à la Société Royale, & qui ſont imprimés dans les Tranſactions philoſophiques. Hypotheſe du D. Jurin.

Cet habile Phyſicien attribue l'élévation des liqueurs au-deſſus du niveau, dans les tubes capillaires, à l'attraction qu'il appelle *de périypherie*, c'eſt-à-dire, à celle qui vient de la partie annullaire du tube, qui touche immédiatement la ſurface de la liqueur.

L'expérience lui fit connoître que l'élévation des liqueurs ſuit exactement la raiſon inverſe de la circonférence de cet anneau; puiſque ſi on plonge dans une maſſe de liquide, un tube capillaire de différens diametres, la liqueur demeurera ſuſpendue à une hauteur proportionnée à la circonférence du dernier anneau, avec lequel elle ſera en contact dans l'intérieur du tube; ce qu'on peut vérifier facilement par les expériences ſuivantes.

On ſe ſert, pour cet effet, de tubes capillaires, compoſés de deux tubes de deux

Digitized by Google

diametres différens, soudés bout à bout l'un de l'autre, & tels que nous les avons indiqués (*Desc. & us. d'un Cab. de Phys. t. 1, plan. XXII, fig. 11*). Si on plonge l'un de ces tubes dans une liqueur colorée, & qu'on le plonge par le bout où son diametre est plus grand, la liqueur s'éleve au-dessus du niveau d'une quantité donnée. Si on le plonge ensuite par son autre bout, dont le diametre est plus petit, elle s'éleve encore au-dessus du niveau, & même elle s'éleve d'autant plus haut de ce côté, que le diametre est plus petit, par rapport à celui du bout opposé. Supposons que les diametres de ces tubes soient entr'eux dans le rapport de deux à un, & qu'elle s'éleve de six lignes dans le premier, elle s'élevera donc d'un pouce, ou de douze lignes dans le second. Cela posé, si on réitere l'expérience, & qu'on plonge dans l'eau le plus gros des deux bouts de ce tube, elle s'élevera constamment de six lignes au-dessus du niveau, dans toute la longueur de cette partie du tube; mais si on le plonge assez profondément dans l'eau, pour que la commissure des deux tubes soit plongée, la liqueur s'élancera alors, & elle s'élevera de douze lignes au-dessus du niveau, de même

Expérience favorable à l'hypothese de Jurin.

Digitized by Google

qu'elle s'éleveroit, si toute la longueur de la portion plongée de ce tube, étoit réduite au diametre de l'autre bout. On remarquera un phénomene de même espece, si, après avoir retiré ce tube de l'eau, & après l'avoir évacué, on le plonge par son extrêmité opposée, & d'un plus petit diametre. La liqueur s'élevera à douze lignes au-dessus du niveau, tant qu'elle sera contenue dans la portion du tube dont le diametre est plus petit; mais si on continue à le plonger jusqu'à ce que la commissure des deux tubes se trouve au-dessous de la surface de l'eau, on verra la liqueur s'abaisser dans le tube, & se réduire à six lignes d'élévation au-dessus du niveau; ce qui prouve, dit M. *Jurin*, que ce n'est que l'attraction de périphérie qui maîtrise la liqueur, & qui l'oblige à s'élever au-dessus du niveau.

Outre cette force attractive proportionnée au diametre du tube, M. *Jurin* ne néglige pas pour cela le secours des colonnes extérieures & ambiantes. Voici de quelle maniere il explique le méchanisme de l'élévation & de la suspension des liqueurs dans les espaces capillaires.

La petite quantité d'eau qui s'éleve dans

un tube capillaire, plongé dans une masse de même liquide, perd une partie de sa pesanteur, & cette perte est proportionnée à l'attraction qu'exerce contre elle la portion annullaire du tube, avec laquelle elle est en contact. Cette petite quantité d'eau est donc alors déterminée à s'élever plus haut, & par l'attraction des anneaux successifs, & par la pression des colonnes extérieures.

On voit, par ce simple exposé, que le D. *Jurin* regarde la prépondérance des colonnes extérieures, comme le complément de l'attraction de *périypherie ;* & c'est en cela que pêche son hypothese, & qu'elle se trouve suffisamment réfutée par tout ce que nous avons fait observer contre l'action des colonnes prépondérantes.

Hypothese de Veitbrecht.

(463) *Veitbrecht*, bien persuadé de la fausseté des hypotheses de ceux qui avoient eu recours, avant lui, à l'attraction, & imaginant qu'il ne pouvoit y avoir d'autre cause que l'attraction, qui produisît l'ascension des liqueurs au-dessus du niveau, fit de nouvelles expériences. Elles le conduisirent à des réflexions très-sages, & elles le convainquirent que l'attraction seule, non aidée de la prépondérance des colonnes extérieures,

Digitized by Google

produiſoit tous les phénomenes dont il eſt ici queſtion.

Tous ces phénomenes, d'accord avec des principes qu'il établit, & les corollaires qu'il en tire, font la matiere d'un Mémoire très-curieux & très-ſavant, imprimé parmi ceux de l'Académie de Pétersbourg (1). On ne peut trop exhorter les Phyſiciens à lire, à méditer cette ſavante diſſertation, dont nous ne pouvons donner ici qu'un précis très-abrégé, ſuffiſant toutefois pour développer & faire comprendre le ſyſtême de ſon Auteur.

1°. M. *Veitbrecht* trouva que l'attraction du verre, comparée à celle des liquides, eſt plus forte que celle que chacune des molécules de ces liquides exercent les unes contre les autres, à l'exception du mercure & des métaux fondus, dont les forces attractives ſont ſupérieures à celles que le verre exerce contre ces dernieres ſubſtances. En cela, il eſt d'accord avec *Hauxbée*, & avec tous les Partiſans des forces attractives.

2°. Pareillement il découvrit que le rayon d'activité des forces attractives du

(1) Veitbrecht, comm. nov. petrop. t. 8.

verre, s'étend à une très-petite distance, & que celui des forces attractives des molécules des liqueurs, s'étend beaucoup plus loin.

Il prouve la premiere partie de cette assertion, par une observation qu'on peut répéter facilement. Les liqueurs, dit-il, ne se portent vers un morceau de verre, que lorsqu'elles sont très-proches du point de contact; puisqu'à la plus petite distance assignable de ce point, on n'apperçoit aucun effet de la force attractive du verre. Il prouve la seconde partie de la même assertion, par une observation également facile à faire. Deux gouttes d'eau, dit-il, ou de tout autre liquide, à l'exception du mercure, ou d'un métal fondu, s'attirent sensiblement à une distance assez grande, & elles se réunissent.

3°. Quoique le rayon d'activité de la force attractive des molécules des liquides, s'étende beaucoup plus loin que le rayon d'activité de la force attractive que le verre exerce contre les molécules de ces liqueurs, la force attractive de ces deux especes de corps, ne peut cependant soutenir que le poids d'une très-petite goutte de liquide, ainsi qu'il est aisé de s'en convaincre, en considérant, par

Digitized by Google

exemple, ces vapeurs qui s'attachent quelquefois aux vitres des croisées. On remarque continuellement que les molécules de ces vapeurs, s'étant rassemblées jusqu'à un certain point, & qui ne s'étend pas considérablement, le poids seul de ces molécules suffit pour vaincre la force qui les unit entre elles, & qui les retient à la surface du verre. On les voit alors couler & se précipiter en bas, en sillonnant le chemin qu'elles parcourent en descendant.

4°. Le rayon d'activité de la force attractive du verre, étant extrêmement petit, la force attractive de cette substance n'agit que sur une partie de la petite colonne de liquide qui s'éleve dans l'intérieur d'un tube capillaire, savoir sur la surface extérieure de cette colonne, sur la portion de son enveloppe liquide, en contact avec le verre. M. *Veitbrecht* donne à cette portion de liquide, le nom de *canalicule*, & il appelle *cylindre intérieur*, le cylindre d'eau qui forme la colonne de liquide élevée dans le tube, & enveloppée par le canalicule.

5°. L'épaisseur du canalicule est toujours proportionnée à l'étendue du rayon d'activité des forces attractives du verre, & on peut

Digitized by Google

dire conſéquemment que cette épaiſſeur eſt très-mince.

Cela poſé, lorſqu'on poſe un tube capillaire ſur la ſurface d'un liquide, ſuppoſons de l'eau, la force attractive de l'anneau inférieur du tube qui touche la ſurface de l'eau, attire une petite portion de liquide. Or, pour peu que ce liquide puiſſe s'élever dans ce tube, la force attractive qui le maîtriſe, doit vaincre, 1°. la peſanteur de la petite portion de liquide qui ſe préſente à l'orifice de ce tube: 2°. la force attractive avec laquelle cette portion de liquide adhere aux autres parties de la maſſe totale. Cette goutte ne s'éleve donc dans ce tube, que par la ſupériorité de la force attractive du verre, ſur celle que les molécules de l'eau exercent entre elles, & par l'excès de cette même force ſur la peſanteur du liquide qui doit s'élever. Mais comme le rayon d'activité de la force attractive du verre, s'étend à une diſtance infiniment petite, la force attractive du verre n'enleve & ne ſoutient que la petite circonférence d'eau qui forme le canalicule. Mais le rayon d'activité de la force attractive des molécules de liquide, s'étendant beaucoup plus loin, ce canalicule éleve & ſoutient

Digitized by Google

la petite masse d'eau qui forme son cylindre intérieur. La lame d'eau que forme cette partie de liquide élevée, est donc alors maîtrisée par l'anneau supérieur qui est immédiatement au-dessus, tandis que la force attractive du précédent anneau, ou de celui qui est immédiatement au-dessous, & qui vient d'élever cette premiere lame d'eau, se déploie en deux sens. Elle agit de haut en bas, contre la lame de liquide que l'anneau supérieur attire, & de bas en haut, contre la nouvelle goutte de liqueur qui se présente encore à l'orifice du tube. L'action de l'anneau supérieur devient donc victorieuse, & la premiere lame d'eau s'éleve jusqu'au second anneau, où elle se trouve alors maîtrisée par l'action du troisieme anneau, & elle suit l'impression de cette nouvelle force attractive, parce que l'action du second anneau se distribuant aussi, & contre l'action du troisieme, & contre la nouvelle quantité d'eau que le premier anneau vient d'élever, l'action que le premier & le second anneau déploient l'un contre l'autre, en sens contraire, se détruit entiérement. L'attraction du troisieme anneau doit donc l'emporter sur la force avec laquelle le second agit contre lui,

Digitized by Google

& ainſi de ſuite, par rapport aux autres anneaux conſécutifs ; de ſorte que le liquide doit continuellement s'élever, & s'éleveroit effectivement juſqu'au haut du tube, s'il n'y avoit un obſtacle à vaincre. Or, cet obſtacle va toujours en augmentant, tandis que l'excès de force attractive de l'anneau ſupérieur, contre la premiere lame d'eau élevée, demeure conſtamment le même.

A proportion, en effet, que ce liquide s'éleve dans le tube, & que le canalicule ſe trouve attiré & ſoutenu par la force attractive des parois du tube, ce canalicule attire & ſoutient un petit cylindre de liqueur, dont le poids augmente continuellement ; & comme les forces attractives des anneaux inférieurs ſe détruiſent mutuellement les unes & les autres, l'anneau ſupérieur, & le canalicule correſpondant, doivent ſoutenir tout le poids du cylindre élevé. Ce poids devient donc tel, qu'il ſe trouve en équilibre avec la force attractive de l'anneau ſupérieur, & alors la liqueur ceſſe de monter.

On conçoit facilement, d'après cet expoſé, qu'il n'eſt pas néceſſaire, dit M. *Veitbrecht*, d'avoir recours à la prépondérance des colonnes collatérales, pour expliquer l'élévation

Digitized by Google

l'élévation des liqueurs au-dessus du niveau, dans les espaces capillaires, puisque la petite colonne d'eau est soutenue par la force attractive de l'anneau supérieur & du canalicule correspondant, tandis que le cylindre d'eau, qui se trouve élevé dans le tube, & dont la hauteur est égale à celle des colonnes extérieures & ambiantes, est en équilibre avec ces dernieres colonnes.

On conçoit aussi facilement pour quelle raison l'eau s'éleve davantage dans les tubes d'un plus petit diametre, & même pour quelle raison cet excès d'élévation suit la raison inverse du diametre des tubes. On sait que la quantité d'eau élevée au-dessus du niveau, dans un tube dont le diametre est double de celui d'un autre tube, est double de celle qui est élevée au-dessus du niveau dans ce dernier tube. Le poids de la premiere colonne, est donc double de celui de la seconde. Or, comme la force attractive des anneaux, consécutivement supérieurs, est une force constante & uniforme, les effets qu'elle produit doivent être en raison inverse des obstacles, qui sont ici les poids des cylindres d'eau élevés, & qui croissent directement comme les diametres.

Digitized by Google

On peut donc conclure que la hauteur à laquelle un fluide quelconque s'éleve dans un tube capillaire, eſt en raiſon directe de la différence des forces attractives du verre & de la liqueur, & de la cohéſion mutuelle des molécules du fluide entre elles, c'eſt-à-dire, en raiſon de l'excès de la force attractive du verre, ſur celle de l'eau, & en raiſon inverſe du diametre des molécules du fluide à élever, ou du tube. Comme la démonſtration de cette importante propoſition, ſuppoſe une connoiſſance du calcul algébrique, qui ne ſeroit peut-être point à la portée de tout le monde, nous la renvoyons à la (note 4).

Note 4.

Quelqu'ingénieux que ſoit le ſyſtême de M. *Veitbrecht;* quelque approprié qu'il paroiſſe aux phénomenes qu'il doit expliquer, on ne peut diſconvenir qu'il ne ſoit expoſé à des difficultés inſurmontables, & qui l'ont fait abandonner des meilleurs Phyſiciens. Un méchaniſme plus ſimple, plus analogue au génie de la Nature, l'attraction dépouillée de toutes ces modifications étrangeres qu'on a voulu lui faire ſubir, paroît rendre plus naturellement raiſon des phénomenes dont il eſt ici queſtion, & nous devons à M. *de*

Digitized by Google

Lalande, la gloire de nous avoir ramené aux véritables principes qu'on n'eût jamais dû abandonner, & qui devoient naturellement se présenter à l'esprit de ceux qui reconnurent originairement l'attraction pour cause des phénomenes des tubes capillaires. Si nous ne pouvons copier entiérement ici une savante Dissertation qu'il fit imprimer dans le Journal des Savans, en 1768, dans laquelle il expose le méchanisme de l'attraction relativement à ces sortes de phénomenes, & dans laquelle il répond aux difficultés qu'on peut faire contre son hypothese, nous copierons au moins tout au long l'exposition qu'il donne de cette hypothese, & nous renverrons nos Lecteurs à l'Ouvrage de ce célebre Académicien, pour la solution des difficultés qui y ont rapport.

Hypothese de M. de Lalande.

(464) Toutes les colonnes verticales d'une masse d'eau donnée, étant de même hauteur; elles sont toutes de même poids, & toutes les parties de l'eau s'attirent mutuellement les unes autant que les autres; elles sont toutes en équilibre entre elles, & l'eau se tient de niveau. Telle est la loi générale d'hydrostatique, lorsqu'on considere l'eau dans son état naturel, abstraction faite de

Digitized by Google

toute circonſtance étrangere ; & c'eſt ce principe général que notre ſavant Auteur met d'abord en avant. Mais quand on plonge un tube de verre dans l'eau, le verre prend la place d'un pareil volume de fluide. Or, les parties du verre qu'on ſubſtitue, ont plus de denſité, plus de force attractive que l'eau dont elles tiennent la place. D'où il ſuit que les molécules d'eau qui ſe trouvent préciſément au-deſſous du tube, ſont attirées vers le haut, plus qu'elles ne l'étoient quand, au lieu du verre, il n'y avoit que de l'eau. Donc la colonne d'eau qui répond à l'ouverture du tube, & qui peut y paſſer, ſe trouve avoir des parties que l'attraction du tube ſouleve, ſoutient, & rend plus légeres. La peſanteur de cette colonne en eſt diminuée ; elle ne peut donc plus faire équilibre avec les autres colonnes d'eau qui ſont diſtantes du tube, à moins que, devenant plus longue, elle ne compenſe ſa légereté par ſa hauteur : il faut donc que l'eau monte dans le tube, pour faire une colonne qui ſoit plus haute, & qui ſoit du même poids, malgré la légereté, ou la diminution de peſanteur des particules qui la compoſent.

Pl. 10, fig. 8. Soit, en effet, G B, (plan. 10, fig. 8,) un

Digitized by Google

tube de verre plongé dans l'eau du vaſe V S, juſqu'en E : une particule d'eau, telle que A, placée au-deſſous du tube, eſt attirée par la maſſe du verre ſous lequel elle eſt placée, plus qu'elle ne l'étoit par l'eau dont le verre a pris la place : il en eſt de même de celles qui ſont au-deſſous de B, dans l'étendue de la ſphere d'attraction du verre. D'où il ſuit que la colonne d'eau A E eſt plus légere que les colonnes éloignées, telles que H I, de même hauteur que A E.

Juſqu'ici l'opinion de M. *de Lalande* n'a rien de particulier ; mais cette premiere conſidération ſuffit pour faire ſentir la cauſe de l'élévation des fluides dans les tubes capillaires, ainſi que notre ſavant Auteur le remarque très-bien. Tout le génie de ſon hypotheſe gît dans les deux conſidérations ſuivantes qu'il ajoute, & qui font connoître les cauſes concomitantes & auxiliaires à la principale que nous venons d'expoſer.

Juſqu'ici, dit M. *de Lalande*, je n'ai parlé que de l'eau placée immédiatement hors du tube, comme en A, ou *a*, & ſous ſon extrêmité inférieure : conſidérons maintenant l'eau qui eſt dans le tube, depuis B, juſqu'en C, en ſuppoſant l'eſpace B C de la même

Digitized by Google

longueur que B A, ou que la ſphere d'activité du verre, nous verrons que toutes ces particules d'eau ſont encore attirées de bas en haut, & rendues plus légeres. Suppoſons, en effet, que la ſphere d'attraction du verre s'étende juſqu'en A, & prenons B C égal à B A: la particule C ſera la derniere de toutes celles qui ſont au-dedans du tube, où l'attraction ſera ſenſible; car au-deſſous de C, l'attraction de la partie du verre C B, & celle de la partie ſupérieure C D, ſe détruiront mutuellement. Mais ſi on prend une partie *a*, à la moitié de l'intervalle A B, & une partie *c*, à la moitié de l'intervalle B C, ces deux molécules ſeront également attirées, l'une par le tube B C, à la diſtance B *a*, & l'autre par le verre C D, à même diſtance C *c*: car l'attraction du verre, compris dans la longueur C *c*, étant détruite par celle du verre B *c*, la particule *c* eſt dans le même état d'indifférence, par rapport à la partie C D du tube, que la particule *a*, par rapport au tube B C: donc elle eſt également attirée par le verre C D, de bas en haut. Il en eſt de même de toutes les autres molécules d'eau, compriſes dans l'eſpace A B, comparées à celles qui ſont dans un eſpace égal

Digitized by Google

BC: ainſi il y a deux tubes de verre, ou deux portions de tube BC & CD qui agiſſent en même temps, & qui ſont chacune égale à BC; l'une eſt la partie inférieure BC, qui agit ſur l'eau extérieure ſituée au-deſſous du tube; & l'autre eſt la partie CD, placée immédiatement au-deſſus, qui agit ſur les parties d'eau contenues le long de BC. A l'égard des parties du tube qui ſont au-deſſus du point D, elles n'agiſſent point du tout, parce que l'attraction des parties ſupérieures, eſt détruite par celles qui ſont immédiatement au-deſſous. Chaque particule d'eau eſt attirée de haut en bas, comme elle l'eſt de bas en haut. Nous n'avons à tenir compte que des deux premieres portions BC, CD, où l'attraction ne peut être détruite par une attraction oppoſée.

Il nous reſte encore, ajoute M. *de Lalande*, une troiſieme conſidération, ou une troiſieme cauſe d'élévation dans la partie EG du tube, qui eſt hors de l'eau, & qui agit ſur la ſurface de l'eau E, ſoit intérieurement, ſoit extérieurement de bas en haut, pour ſoulever les parties voiſines de l'eau. Il eſt vrai que la partie EB du tube, qui eſt au-deſſous du niveau de la ſurface de l'eau, agit

Digitized by Google

en ſens contraire ; mais celle-ci a pris la place d'un tube d'eau qui agiſſoit auſſi dans l'état naturel. Ainſi l'attraction de la partie ſupérieure E G du tube, n'eſt pas toute détruite par ſa partie inférieure; car celles qui ſont ſituées à la ſurface de la liqueur, ont de bas en haut une attraction toute nouvelle, qui n'exiſtoit pas avant que le tube de verre y fût plongé, & elles ont de haut en bas, une attraction dont une partie exiſtoit déjà, puiſqu'il y avoit de l'eau à la place du verre. Il eſt vrai que le verre E B attire plus que l'eau n'attiroit auparavant ; mais au moins il y avoit alors une partie de l'attraction qui y eſt actuellement, au lieu que la partie ſupérieure E G du tube, eſt toute addition. C'eſt une cauſe toute nouvelle, dont rien ne tenoit la place auparavant. Il y a donc encore ici une longueur de tuyau E F, égale à B C, ou C D, au-deſſus du niveau de l'eau qui agit pour ſoulever l'eau contiguë, & pour en rendre les parties plus légeres.

Or, en conſidérant attentivement cette nouvelle cauſe, on verra qu'elle équivaut à un tube d'eau qui ſeroit placé au-deſſus de celle du vaſe, & qui auroit le même diametre que le tube de verre. En effet, puiſque

Digitized by Google

l'attraction de la partie intérieure du tube de verre, & celle de la partie extérieure, ſont abſolument égales, imaginons tant au-dedans qu'au-dehors de l'eau, que le tube de verre ſoit converti en eau : cette ſuppoſition ne change rien à l'égalité & à la deſtruction des forces oppoſées des deux portions du tube ; mais dans cet état, tout ſe paſſe au-dedans du vaſe, comme dans l'état naturel, & il reſte au-dehors du vaſe un tube d'eau, qui n'y étoit pas dans l'état naturel : donc le tube de verre, qui faiſoit le même effet, étoit équivalent à un tube d'eau placé au-deſſus du niveau du vaſe.

Telles ſont les trois conſidérations qui prouvent que l'eau doit monter dans les tubes capillaires, ſi on admet l'attraction du verre ſur l'eau ; & de toutes les hypotheſes imaginées juſqu'à ce jour, il n'en eſt point de plus ſatisfaiſante, de plus ſimple, & de plus conforme au génie de la Nature. Il y a plus, à l'aide de ces trois cauſes réunies, M. *de Lalande* démontre même, & par un calcul très-ſimple, mais que nous renvoyons à la (note 5), que l'eau monteroit encore, quand même l'attraction du verre ſeroit moindre que celle de l'eau, pourvu, comme

Note 5.

Digitized by Google

il l'obſerve très-bien, qu'elle ne fût pas plus petite d'une moitié toute entiere. Il faut lire dans l'Ouvrage même de ce célebre Académicien, comment il ramene tous les phénomenes à ſon hypotheſe, & comment il répond aux difficultés qu'on pourroit lui oppoſer. Il en eſt une toutefois que nous ne pouvons paſſer ſous ſilence, & qui paroît la plus contraire au ſyſtême de l'attraction; c'eſt celle qu'on tire de la différence qu'on obſerve dans l'élévation de l'eau, comparée à celle de l'eſprit-de-vin.

Objection contre cette hypotheſe.

M. *Carré* & M. *Geoffroi* obſerverent, en 1705, que dans un tube d'un tiers de ligne de diametre, où l'eau montoit de dix lignes au-deſſus du niveau, l'eſprit-de-vin ne montoit que de $3\frac{1}{2}$ lignes. Il y a cependant peu de différence entre les peſanteurs ſpécifiques de l'eau & de l'eſprit-de-vin: elles ſont dans le rapport de 10 à $8\frac{2}{3}$, terme moyen; & l'eſprit-de-vin étant plus léger, il paroîtroit naturel d'en conclure qu'il devroit s'élever davantage, tandis qu'il ne s'éleve qu'à un tiers ou environ de la hauteur à laquelle l'eau ſe porte dans le même tube capillaire.

Je crois, dit M. *de Lalande*, avoir reconnu la cauſe de cette différence. Elle vient

Digitized by Google

des parties inflammables, ou de la nature des parties du fluide qui s'appliquent sur le verre, avec plus ou moins de facilité. On sait, continue-t-il, que l'esprit-de-vin est extrêmement inflammable: le phlogistique, ce principe inflammable, qui le rend si dilatable, en éleve sans cesse des vapeurs imperceptibles, & forme autour de lui une atmosphere élastique & répulsive qui s'oppose à l'application immédiate des parties solides de l'esprit-de-vin contre le verre.

L'éther, plus inflammable que l'esprit-de-vin, paroît confirmer l'opinion de M. *de Lalande*. Dans un tube, en effet, dans lequel l'eau s'élevoit à treize lignes au-dessus du niveau, l'esprit-de-vin ne s'élevoit que de cinq lignes, & l'éther de quatre. L'eau elle-même s'éleve moins lorsqu'elle est chaude, ou lorsqu'on échauffe le tube avant de faire l'expérience; ce qui paroît favoriser encore l'opinion de notre Auteur, que la matiere ignée s'oppose, à raison de son abondance, à l'ascension des liqueurs au-dessus du niveau.

On peut encore ajouter ici que les parties salines qui entrent dans la composition du verre, ont beaucoup plus d'affinité avec l'eau, qu'elles n'en ont avec le principe inflam-

Digitized by Google

mable. De-là l'effet de l'attraction du tube doit être plus considérable sur l'eau, que sur une liqueur inflammable. C'est sans doute encore à raison d'un plus grand degré d'affinité, que l'esprit volatil de sel ammoniac s'éleve plus haut que de l'eau pure. Peut-être pourroit-on encore faire entrer en considération les atmospheres électriques, dont M. *de Mairan* se servit si ingénieusement (1) pour expliquer ces sortes de phénomenes: mais ce ne sont que de simples conjectures; & quelque fondées qu'elles paroissent, nous ne croyons pas devoir nous y arrêter plus long-temps.

SIXIEME SECTION.

De l'eau.

Définition. (465) L'EAU est une liqueur très-fluide, insipide, inodore, transparente, & sans couleur. Telle est la description de l'eau dans son état naturel, & cette description doit tenir lieu d'une véritable définition, par l'im-

(1) Mém. de l'Acad. Roy. des Scien. an. 1724.

Digitized by Google

possibilité à laquelle nous sommes réduits de déterminer plus précisément la nature de cette précieuse substance.

Elle fait, comme nous l'avons assuré (sect. 1), un des principes primitifs des mixtes. Mais pour l'obtenir dans cet état, il faut la dépouiller des corps étrangers avec lesquels elle est naturellement combinée, ou entre lesquels elle est interposée. On y parvient par plusieurs distillations, par plusieurs rectifications réitérées, & faites avec art. Malgré cela cependant, il ne faut pas se flatter de pouvoir conduire ces opérations au point d'obtenir une eau parfaitement pure, parfaitement homogene & élémentaire. On ne la regarde comme telle, que par comparaison, & au défaut d'une eau plus pure & plus approchante de son état élémentaire. Cette difficulté vient de l'affinité singuliere qui l'unit à quantité de substances aussi volatiles qu'elle, & conséquemment qui s'élevent avec elle, malgré les précautions qu'on peut prendre pour les séparer. Il n'est donc point encore donné au Physicien de connoître intimement la nature de l'eau, & les propriétés essentielles qui lui conviennent, indépendamment de tout ce qu'elle

De l'eau élémentaire.

Digitized by Google

peut devoir à ſon état ordinaire de combinaiſon. Néanmoins lorſqu'elle eſt bien diſtillée, & qu'elle eſt autant pure qu'on puiſſe l'obtenir, on peut la regarder comme élémentaire : & c'eſt de cette maniere que les Chymiſtes & les Phyſiciens l'ont conſidérée, lorſqu'ils ſe ſont propoſés d'aſſigner les propriétés de cet élément.

Etendue des ſervices qu'on retire de l'eau.

(466) L'eau eſt, en général, l'un des agens le plus univerſel de la Nature. Outre les beſoins ordinaires de la vie pour leſquels on l'emploie habituellement, & que tout le monde connoît, elle concourt à la production & à l'entretien de tous les êtres. Privés de cet élément, l'homme, les animaux, les végétaux, le globe terreſtre lui-même, tout tendroit à une deſtruction prochaine & inévitable. L'eau donne à nos humeurs, & à celles de tous les animaux, la fluidité qui leur convient, & qui les rend propres à circuler dans les plus petits vaiſſeaux. C'eſt, dit le célebre *Boerhaave* (1), la partie la plus douce, la plus fluide, & la plus ſubtile de nos humeurs, & nous ne connoiſſons aucune liqueur qui puiſſe ſuppléer à ſon défaut. Com-

(1) Boerhaave, Elém. de Chym.

Digitized by Google

binée avec les alimens dont nous nous nourriſſons, elle diſſout les parties ſalines de ces alimens, & elle les rend propres à affecter, comme il convient, l'organe du goût. C'eſt le véhicule des ſucs nourriciers qui font croître les végétaux : c'eſt elle qui donne à la terre la fertilité néceſſaire à l'accroiſſement des ſemences, & à la production de toutes les ſubſtances végétales dont elle eſt couverte ; auſſi voit-on quelquefois les terreins les plus arides, les plus ſabloneux, ſe fertiliſer à la faveur de l'eau qui les arroſe, & qui les recouvre d'une croûte noire propre à la nourriture des ſemences qu'on leur confie. Elle roule & elle entraîne avec elle, dans le ſein de la terre, les parties des minéraux ; elle les rapproche, & elle leur fournit le gluten néceſſaire à leur réunion : elle fournit aux Arts une multitude prodigieuſe d'avantages, dans le détail deſquels nous ne pouvons nous permettre d'entrer. C'eſt, ſans contredit, de toutes les ſubſtances ſorties des mains du Créateur, l'une de celles qui procurent à l'homme les ſervices les plus étendus & les plus multipliés. Or, cette précieuſe ſubſtance ſe préſente aux recherches du Phyſicien, ſous trois états bien différens,

Digitized by Google

& qu'il ne peut étudier avec trop de soin : sous la forme de liqueur, sous celle de vapeur, enfin sous celle de glace, ou dans un état concret. Nous diviserons donc cette section en trois principaux articles.

Division de cette section.

ARTICLE PREMIER.

De l'eau considérée dans l'état de liqueur.

(467) Considérée dans son état de liquidité, l'eau jouit de toutes les propriétés qui appartiennent en général aux liquides homogenes, & que nous avons exposées assez au long dans la section précédente. C'est une liqueur transparente, à travers laquelle on peut distinguer, lorsqu'elle est pure, les corps étrangers placés à une assez grande distance. C'est ainsi qu'on voit le sable qui se trouve au fond de certaines rivieres, lorsque les eaux qu'elles roulent ne sont point troublées par quantité de parties terrestres, par des sables, & quantité d'autres corps étrangers qui s'y trouvent souvent interposés & qu'elles entraînent avec elles. C'est en vertu de cette propriété, qui convient naturellement à l'eau,

Elle est diaphane.

Digitized by Google

l'eau, que les poissons distinguent, à une distance plus ou moins éloignée, la nourriture qui leur est propre, & qu'ils se sauvent de la voracité de leurs ennemis. Mais malgré cette limpidité, cette transparence, & la facilité avec laquelle cette liqueur livre passage aux rayons de la lumiere, elle leur fait souvent subir des mouvemens particuliers qui les déroutent, & qui les détournent du chemin qu'ils tendoient à suivre. C'est ce que nous avons exposé d'une maniere suffisamment étendue, dans la seconde section, en parlant de la réfraction.

Elle réfléchit les rayons de lumiere.

Quelque diaphane qu'on la suppose, elle réfléchit, malgré cela, une partie des rayons incidens qui parviennent à sa surface. Dans ces temps reculés, où les hommes profitoient de tous les secours qu'ils pouvoient attendre de la Nature, la surface d'une eau tranquille fut le premier miroir qu'ils consulterent (1).

(1) Virgil. Eclog. II. nuper me in littore vidi.

Ovid. meta. III. dumque bibit visâ correptus imagine formæ.

Phæd. I. Cervus in liquore vidit effigiem suam.

Idem. Canis per flumen carnem cum ferret natans, vidit simulacrum suum.

Digitized by Google

Différentes especes d'eaux.

Quoique homogene de sa nature, & constamment la même, lorsqu'on la dépouille de toutes les substances étrangeres avec lesquelles elle est, pour ainsi dire, alliée, on distingue, malgré cela, l'eau en plusieurs especes différentes, relativement aux sources qui nous la fournissent. De-là cette division générale des eaux en six especes particulieres. 1°. L'eau de pluie, avec laquelle on confond celle qui provient de la neige & de la grêle: 2°. l'eau de fontaine: 3°. l'eau de lacs: 4°. l'eau de riviere: 5°. l'eau de puits: 6°. l'eau de la mer. Suffisamment distinguées les unes des autres, par des qualités qui leur sont propres, toutes ces eaux néanmoins reconnoissent la même origine.

La pluie, avant de tomber sur la terre, appartenoit à notre globe. Ce sont des vapeurs qui se sont élevées plus ou moins haut dans l'atmosphere, qui s'y sont condensées en partie par le froid qu'elles y ont éprouvé, en partie par le concours des nuées, & qui se sont suffisamment rapprochées les unes des autres, pour former des molécules d'eau, & pour se convertir en pluie. Il en est de même de la neige & de la grêle. Ce sont également des vapeurs, mais élevées vers les

Digitized by Google

confins de l'atmoſphere, où elles éprouvent un froid plus piquant qui les condenſe davantage, & les congele ſous la forme de neige ou de grêle. Spécifiquement plus peſante que l'air qui la contient, cette neige ou cette grêle ſe précipite vers la ſurface de notre globe, & apporte avec elle la forme qu'elle a reçue, lorſque les régions inférieures de l'atmoſphere qu'elle eſt obligée de traverſer, ne ſont point aſſez chaudes pour la fondre, & la réduire en pluie, comme il arrive aſſez fréquemment. Nous parlerons plus particuliérement de ces phénomenes, lorſque nous traiterons en particulier des météores aqueux.

Parvenue ſur la ſurface de la terre, la pluie la pénetre plus ou moins profondément; elle coule des lieux plus élevés, ſur ceux qui ſont plus bas; & ſi, chemin faiſant, elle rencontre des crevaſſes ou des ouvertures qui lui donnent iſſue, elle jaillit alors, & produit des fontaines. Filtrée à travers les couches de la terre, & ramaſſée dans des creux profonds qui la recelent, elle forme alors des lacs & des marais. Du concours de ces eaux, naiſſent communément les rivieres: celles-ci donnent naiſſance aux eaux de puits, qui fourniſſent

Digitized by Google

à des profondeurs plus ou moins grandes, eu égard à la position de l'endroit où on les creuse, & toutes celles dont l'écoulement est libre, vont se perdre & se réunir dans un réservoir commun, connu sous le nom de *mer*. Tel est le point de vue général sous lequel on peut envisager cette multitude d'eaux différentes qui se font remarquer à la surface de notre globe.

De l'eau de la mer.

(468) De toutes les especes d'eaux que nous venons d'indiquer, la derniere est la moins pure, ou, pour parler plus correctement, la moins potable. Plus ou moins salée, toujours âcre, amere, & nauſée-abonde, il est impossible d'en faire usage dans l'état où elle se trouve naturellement. Plusieurs Physiciens ont attribué cette amertume & cette âcreté à des matieres bitumineuses, & particuliérement aux huiles fœtides & empyreumatiques des substances végétales & animales qui se pourrissent continuellement dans le sein de la mer ; mais il paroît comme démontré, que cette opinion est une erreur. Analysée avec toute l'attention possible, l'eau de la mer ne fournit aucune de ces matieres, ou la quantité qu'elle en donne, est si peu sensible, qu'elle n'est pas capable de lui

Digitized by Google

communiquer cette saveur. Elle dépend plutôt du sel de glauber naturellement amer, & du sel marin à base terreuse, qui l'est encore davantage, dont cette eau est plus ou moins chargée. L'analyse, en effet, nous apprend qu'une masse d'eau, prise dans le bassin de la mer, dans certains lacs, dans des puits & des fontaines salées, qui se trouvent répandus en plusieurs endroits sur la surface de notre globe, contient quatre especes différentes de sels: du sel marin ordinaire, & dont la quantité est la plus abondante; du sel de glauber, de la sélénite, & du sel marin à base terreuse. Toutes ces eaux ne sont pas également impregnées de ces sels. Elles le sont ordinairement davantage dans les pays chauds, que dans les pays froids. En général, l'eau de mer contient environ un vingt-cinquieme de son poids de sel commun, c'est-à-dire, trois à quatre livres de sel par quintaux. Nous ne nous occuperons point ici des moyens différens qu'on emploie pour séparer ce sel de l'eau de la mer, ou des puits salés. Il faut voir ces opérations en grand, dans les endroits où on les pratique, ou les lire dans les Ouvrages de ceux qui les ont décrites. Nous ne parlerons que des moyens qu'on

a imaginés en différens temps, pour faire perdre à l'eau de mer sa salure, & cette saveur désagréable qui la rend nausée-abonde.

Différens moyens proposés pour la rendre potable.

(469) La distillation, la filtration & la précipitation, sont les seuls moyens qu'on a imaginés à cet effet. La distillation, abandonnée pendant long-temps, fut le premier moyen qui se présenta à l'esprit. Nous lisons dans les Homélies de St. *Basile* (1), que, jetté par un naufrage dans une isle privée d'eau douce, il fit bouillir de l'eau de mer, pour en recevoir les vapeurs avec des éponges, & que ces vapeurs lui fournirent une boisson passable. Les Anciens pratiquerent pendant long-temps cette méthode (2); mais la petite quantité d'eau qu'elle peut fournir, ne la rend pas d'un service bien étendu, & conséquemment bien avantageux. On l'abandonna pour recourir à la filtration, & on s'y prit de différentes manieres. On se servit d'abord de boules de cire creuses, qu'on faisoit descendre en mer, & qu'on en retiroit, dit-on, remplies d'eau douce. On se servit encore de pots de terre neuve, bou-

(1) St. Basile, Homél. t. 1, pag. 39.
(2) Fournier, Hydrographie, l. IX. ch. 26.

Digitized by Google

chés avec de la cire, & on assure qu'en faisant plonger profondément ces pots dans la mer, l'eau se filtroit à travers la cire, & déposoit sa salure & son amertume (1). M. le Comte *de Marsilly* proposa de filtrer cette eau, à travers une très-grande quantité de sable (2). Mais *Feuillée* ayant répété cette expérience dans un vase qui contenoit treize pouces de sable en hauteur, nous assure que l'eau qu'il obtint, n'avoit point suffisamment perdu la saveur dont il vouloit la dépouiller (3); ce qui fit perdre à ce procédé le crédit qu'il avoit d'abord obtenu. *Leibnitz* nous assure cependant qu'il avoit vu en France une pierre, venant du Mexique, & dont la propriété étoit de rendre insipide toutes les liqueurs, & particuliérement l'eau de la mer. *Boyle*, qui rapporte ce phénomene, observe que la pierre dont il est ici question, n'avoit cette vertu qu'une seule fois, & conséquemment met cette expérience au nombre de celles qui n'intéressent que la curiosité.

La précipitation n'eut point un succès plus

(1) Id. ibid.

(2) Marsilly, Hist. de la mer.

(3) Feuillée, Jour. d'obs. t. 1, pag. 64.

marqué M. le Baron *de Feuquieres*, notre Ambaſſadeur en Suede en 1681, envoya à M. *de Croiſſi*, Secrétaire d'Etat, de l'eau de la mer, qu'il aſſuroit avoir été dépouillée de ſon ſel & de ſon amertume, par ce procédé. Cette eau fut portée à l'Académie, & on conjectura que la précipitation du ſel marin avoit été faite par l'intermede de quelque ſel nitreux. On imagina en conſéquence pluſieurs procédés ſemblables; mais le ſuccès ne répondit point à l'attente qu'on s'en étoit formée.

On crut donc alors devoir revenir à la diſtillation, & qu'on ne pouvoit eſpérer de grands ſuccès que de cette opération. *Leiſter* fut un des premiers qui renouvella cette pratique; mais il voulut y joindre la précipitation. Il imagina donc, & il propoſa (1) de mettre de l'algue, ou d'autres plantes marines récentes, dans un grand vaſe rempli d'eau de mer, & d'y adapter un chapiteau d'alambic, pour raſſembler les vapeurs qui s'y élevoient ſans feu, & par la ſeule tranſpiration de ces plantes. Il aſſure avoir retiré par ce ſeul procédé, un pouce d'eau par jour; mais on

(1) Leiſter, Tranſ. philoſ. an. 1683, n. 156, art. 2.

ne jugea point que cette méthode fût assez expéditive pour être d'une grande utilité, & on l'abandonna.

Sous le regne d'*Elisabeth*, le Chevalier *Richard Haukins*, commandant dans les Indes une flotte Angloise qui manquoit d'eau, eut recours à la simple distillation, & il obtint, par ce moyen, une quantité de produits assez abondante, pour sauver son équipage. La simple distillation redevint donc encore en vigueur; & de ceux qui pratiquerent alors cette méthode, personne n'en tira un meilleur parti que M. *Gauthier*, Médecin à Nantes. Il porta les produits de cette opération beaucoup plus loin qu'on ne l'avoit fait jusqu'alors. Il avoit même imaginé, pour cet effet, une machine très-ingénieuse, dont il donna la description (1). Elle étoit on ne peut plus propre à produire cet effet, mais on l'abandonna par rapport aux dangers inséparables de sa construction; lorsqu'il s'agissoit de l'échauffer.

La distillation bien reconnue comme le plus sûr & le plus satisfaisant des procédés qu'on peut employer, pour parvenir au but

(1) Recueil de mach. approuvé par l'Acad.

qu'on se propose ici, fut aussi de tous les moyens, celui auquel on s'attacha le plus. *Guillaume Valcot* obtint, vers la fin du dernier siecle, du Roi *Charles II*, & des Etats Généraux, un privilege pour adoucir l'eau de mer. Il la distilloit, en y ajoutant cependant des drogues soupçonnées d'être une préparation d'antimoine. M. *Fitz-Gerard*, fils du Comte *Kildare*, & parent du célebre *Boyle*, produisit une autre méthode, qu'il donna comme beaucoup plus salubre & plus avantageuse. Il publia même, dans le temps, un Ouvrage dans lequel il annonça sa découverte, & les avantages de la machine dont il se servoit. Ce livre fut traduit en françois, & imprimé à Paris en 1683. Les expériences de M. *Fitz-Gerard*, furent répétées par *Boyle*, en présence du Roi d'Angleterre, & il obtint des Lettres Patentes, qui firent abroger le privilege de *Valcot*. Il s'éleva alors une dispute entre ces deux Rivaux. *Valcot* soutint que l'eau de la mer distillée par son Antagoniste, étoit corrosive, & qu'elle incommodoit ceux qui en usoient pendant long-temps. L'expérience confirma même ce reproche par la suite; mais M. *Fitz-Gerard* avoit eu le temps de tirer tout

Digitized by Google

le parti & tout l'honneur qu'il pouvoit eſpérer de ſa méthode, & on avoit déja frappé des médailles en ſon honneur.

Joſeph Appleby ſe mit auſſi ſur les rangs. C'étoit un Chymiſte de *Durham*. Il propoſa d'ajouter à l'eau de mer, déja diſtillée, de la pierre à cautere, & le College des Médecins de Londres approuva ce procédé. Il fut même rendu public dans le temps, par les ordres des Lords, Commiſſaires de l'Amirauté; & l'Auteur fut récompenſé par le Gouvernement.

Cette méthode, & pluſieurs autres que nous paſſons ſous ſilence, inventées, ou perfectionnées de nos jours, n'ont pu être adoptées dans la pratique. La grande conſommation de matieres combuſtibles, néceſſaires pour obtenir une médiocre quantité d'eau douce, les a fait rejetter.

C'eſt à ce terme que paroiſſoient être arrivés les progrès de l'art d'adoucir l'eau de la mer, ſans aucun fruit pour les Navigateurs, lorſque M. *Poiſſonnier*, Docteur de Paris, Médecin conſultant du Roi, a tenté de nouveaux efforts pour réuſſir, où d'autres avoient échoué (1). Il falloit imaginer une machine

(1) Année Littéraire, 1767.

distillatoire, dont la manœuvre fût simple, aisée, & pût devenir familiere. Il étoit même nécessaire d'empêcher que les agitations continuelles du vaisseau, plus ou moins violentes, ne dérangeassent l'appareil, & ne pussent causer aucune altération à ses produits. Un article néanmoins essentiel, étoit de porter ces produits à la plus grande quantité possible, en économisant les matieres combustibles, dont l'approvisionnement chargeroit trop un vaisseau. De plus, on devoit éviter encore que la machine distillatoire elle-même n'y apportât trop d'embarras, ou trop de poids : enfin les ingrédients propres à mettre l'eau de la mer distillée dans l'état de la plus parfaite salubrité, demandoient beaucoup d'intelligence.

M. *Poissonnier* a rempli toutes ces conditions : il a présenté le résultat de son travail à l'Académie des Sciences. On voit, dans le même Mémoire, la description de son ingénieuse machine. Elle est encore très bien décrite dans le troisieme volume de la Chymie de M. *Beaumé*. Elle fut approuvée par M. *Hellot* & M. *Chabert*, chargés de l'examiner. Deux Matelots suffisent pour la servir : l'un, pour pomper l'eau nécessaire au réfrigérent ; l'autre, pour entretenir le feu.

Digitized by Google

M. le Comte d'*Eſtaing*, Gouverneur, & M. *Magon*, Intendant de St. Domingue dans le temps, ont bu conſtamment de cette eau pendant toute leur traverſée de France à la Colonie. L'équipage d'un vaiſſeau, nommé le *D. de Praſlin*, ainſi que les paſſagers, n'en ont point bu d'autre pendant les ſix dernieres ſemaines de leur voyage à l'Iſle de France. Quant à la conſommation des matieres combuſtibles, une barrique de charbon de terre, peſant ſix cens livres, fournit ſept barriques d'eau potable, ainſi qu'il eſt énoncé par pluſieurs procès-verbaux; entre autres, par celui de M. de *Courcelles*, Médecin de la Marine, à Breſt, & Correſpondant de l'Académie des Sciences.

L'eau de la mer, diſtillée avec & ſans intermede, eſt conſtamment la même, pourvu toutefois qu'on ne la diſtille point à ſiccité, lorſqu'on la diſtille ſans intermede. Dans ce cas, le ſel marin à baſe terreuſe, qu'elle contient, & qui lui donne, en grande partie, le goût âcre & amer dont on veut la priver, ſe décompoſe en partie, lorſqu'il reçoit immédiatement l'action du feu; il fournit à l'eau qui s'éleve, aſſez d'acide marin pour lui donner un goût âcre, & lui ôter ſa ſalubrité.

Digitized by Google

C'eſt pour cette raiſon que M. *Poiſſonnier* recommande d'ajouter ſix onces d'alkali marin, par chaque barril d'eau de mer qu'on veut diſtiller. Ce ſel décompoſe tout le ſel à baſe terreuſe, & forme, en ſa place, autant de ſel marin, qui ne ſe décompoſe point par l'action du feu. On peut donc alors diſtiller l'eau de la mer juſqu'à ſiccité, & les dernieres portions qui paſſeront dans cette opération, ne ſeront point différentes de celles qu'on aura obtenues dans le commencement & dans le cours de l'opération.

Un Habitant de Saint-Domingue, non inſtruit apparemment de la méthode de M. *Poiſſonnier*, en propoſa une autre en 1767, & le ſuccès qu'il annonce, mériteroit ſans doute l'attention des Phyſiciens, ſi celle de M. *Poiſſonnier* n'étoit plus ſimple, & conſéquemment préférable. M. *Chervain* propoſe ſimplement de diſtiller, à la maniere accoutumée, l'eau de la mer, mais ayant ſoin toutefois de verſer une couche d'huile d'olives pardeſſus cette eau, lorſqu'elle eſt renfermée dans la cucurbite. Juſques-là cette méthode eſt auſſi ſimple que celle de M. *Poiſſonnier*, toutes choſes égales d'ailleurs, c'eſt-à-dire, en ſuppoſant l'appareil de M.

Digitized by Google

Chervain auſſi bien imaginé, & répondant, comme celui de ce Médecin, à toutes les conditions du problême; mais la différence de ces deux méthodes, ſe fait appercevoir immédiatement après l'opération. L'eau diſtillée ſelon la méthode du Docteur, eſt potable, dès qu'elle ſort de l'alambic; celle au contraire que fournit la méthode de l'Habitant de Saint-Domingue, filtrée à travers l'huile d'olives, contracte à ſon paſſage une ſaveur d'huile qu'il faut lui faire perdre enſuite, en la filtrant dans un morceau de draps; & c'eſt une opération de plus qui rend, ſans contredit, la méthode de M. *Poiſſonnier* préférable (1).

(470) Les eaux dont nous faiſons le plus fréquent uſage, & que nous deſtinons même à notre boiſſon ordinaire, ne ſont point plus pures, ni moins chargées de parties hétérogenes, que celle dont nous venons de parler. Elles ſont toutes tranſparentes, parce que les parties étrangeres qu'elles contiennent, y ſont dans un état de diſſolution: prodigieuſement atténuées, combinées molécules à molécules, elles ne changent rien

(1) Avant-Coureur, 20 Avril 1767.

Digitized by Google

à la texture de l'eau, ni à la disposition respective de ses parties intégrantes : elle n'en est donc pas moins diaphane, & elle paroît aussi pure au premier coup-d'œil. Mise sur la langue, elle ne produit ordinairement aucune sensation, parce que les parties étrangeres qu'elle contient, sont extrêmement divisées, & que d'ailleurs la plupart de ces substances sont insipides. Il est cependant plusieurs eaux qui conservent également leur transparence, mais qui jouissent d'une saveur particuliere, & propre aux substances qu'elles recelent. Ces dernieres sont connues sous le nom d'*eaux minérales*. On doit donc distinguer les eaux en général, en *eaux douces*, & en *eaux minérales* ; & on conçoit que celle de la mer doit être rangée dans cette derniere classe, quoique nous ayons cru devoir en faire un article à part.

Toutes les eaux jouissent des mêmes propriétés générales.

Les unes & les autres jouissent des mêmes propriétés générales, & sont susceptibles des mêmes dispositions. Toutes sont le véritable menstrue des parties salines, & c'est même un des principaux caracteres auquel on reconnoisse le principe aqueux. Si elles ont toutes la propriété de dissoudre les sels, elles ne jouissent pas toutes également de cette

Digitized by Google

cette propriété ; son intensité augmente à raison de la pureté & de l'homogénéité de l'eau, & souvent à raison du degré de chaleur auquel elle est exposée. *Eller* remarque, en effet (1), que huit onces d'eau pure, dont la température est amenée au trente-huitieme degré de chaleur, selon l'échelle de *Fareinheit*, dissout à peine un soixante & quatrieme de son poids de sel commun, & que si la chaleur de l'eau vient encore à diminuer, de façon qu'elle arrive au trente-deuxieme degré, ou au degré de la congélation, le sel se retire peu à peu, & se ramasse au fond du vaisseau. Cette observation n'avoit point échappé à *Samuel Reyer* (2) ; il en parle, à la vérité, comme d'un phénomene auquel on n'avoit point fait attention jusqu'alors ; & il dit que l'eau de mer qui se gele, fournit de la glace qui ne produit que de l'eau douce, lorsqu'elle se fond. Ce moyen, dont nous n'avons point fait mention, ainsi que de plusieurs autres, avoit été proposé pour purifier l'eau de la mer : mais on conçoit aussi-tôt son peu d'efficacité, jointe à

(1) Eller, Mém. de l'Acad. de Berlin, tom. 5.
(2) Reyer, Actes de Leipf. Sept. 1697.

l'impossibilité d'en faire usage en tout temps & en toutes circonstances.

Pour revenir aux expériences de *Eller*, il observe que si on augmente la chaleur de dix à douze degrés, c'est-à-dire, si on donne à l'eau depuis quarante-deux, jusqu'à quarante-quatre degrés de chaleur, la même quantité d'eau pourra dissoudre deux onces de même sel : enfin qu'elle en dissoudra une quantité égale à son poids, si on augmente sa température jusqu'au terme de l'ébullition.

Expérience sur les dissolutions des sels.

Ces sortes d'expériences sont très-délicates à répéter ; & le Physicien ne peut prendre trop de précautions, s'il veut compter sur leurs résultats. On peut se servir fort avantageusement, pour cet effet, de l'appareil que nous avons indiqué (*Desc. & us. d'un Cab. de Phys. t. 2, plan. XXIII, fig. 2*). C'est un réchaud ordinaire sur lequel on pose une espece de marmite de métal, fermée d'un couvercle percé de plusieurs trous, pour recevoir des vaisseaux de verre mince, dans lesquels on renferme une quantité donnée d'un même sel, & une masse connue d'eau distillée avec toute l'exactitude possible. Les vaisseaux plongent eux-mêmes dans un bain-marie, & à l'aide d'un thermometre très-

Digitized by Google

sensible, qu'on plonge successivement dans ces vaisseaux, on ne laisse prendre à l'eau qu'ils contiennent, que la température qu'on veut lui donner. On entretient pendant quelque temps cette température, & on donne à l'eau le temps de se saturer de la quantité de sel qu'elle peut dissoudre. Il est ensuite différens moyens de connoître la dose à laquelle cette dissolution s'est faite. On peut filtrer l'eau, & la faire ensuite évaporer, ou après l'avoir filtrée, on peut peser le résidu, & ce dernier moyen est le plus expéditif; il faut cependant, avant de peser ce résidu, avoir soin de faire évaporer l'humidité qui s'y est attachée. Comme ces sortes d'expériences sont susceptibles de variétés, on se sert de plusieurs vases pour répéter la même, & on prend le terme moyen des résultats qu'on observe.

Or, en répétant plusieurs fois de suite ces sortes d'expériences, pour éprouver la dissolution d'un même sel, ou de différens sels, à différentes températures, on se persuadera qu'il est certains sels qui se dissolvent également bien à l'eau froide & à l'eau chaude; que parmi ceux qui se dissolvent plus aisément à l'eau chaude, il en est plusieurs qui

ſe diſſolvent d'autant plus abondamment dans la même quantité d'eau, qu'elle a acquis un plus grand degré de chaleur. C'eſt d'après des expériences de cette eſpece, & faites avec un ſoin extrême, que le célebre *Boerhaave* nous donne les réſultats ſuivans (1).

La température de l'atmoſphere, & conſéquemment de l'eau qu'il employa, étant à 38 degrés, échelle de *Fareinheit*, il fit diſſoudre :

Une once de ſel gemme bien purifié, dans trois onces & deux dragmes d'eau.

Une once de ſel ammoniac, dans la même quantité d'eau.

Neuf dragmes de nitre, dans ſix onces d'eau.

Une demi-once de borax, dans quatorze onces d'eau.

Une once d'alun, dans la même quantité d'eau.

Une once de ſel d'epſom, dans une once & deux dragmes d'eau.

Une dragme & demie de vitriol, dans trois onces d'eau.

(1) Eſſais d'expér. phyſ. de l'Acad. del Cimento.

Digitized by Google

(471) Il suit des observations précédentes, que l'eau ne peut dissoudre qu'une certaine quantité d'un sel donné. Arrivée à ce terme, elle est ce qu'on appelle *saturée*, ou *au point de saturation*. Elle ne perd cependant pas, pour cela, sa qualité dissolvante : elle est encore en état de dissoudre un autre sel, pourvu qu'il soit plus facile à dissoudre que celui qu'elle tient en dissolution. Elle n'en dissoudra pas, à la vérité, la même quantité qu'elle pourroit en dissoudre, si elle étoit pure, & non déja saturée d'un autre sel ; & c'est un moyen dont on peut se servir assez avantageusement, pour connoître & pour classer les sels à raison de leur dissolubilité.

Une eau saturée d'une espece de sel, peut encore en dissoudre d'une espece différente.

(472) Si l'eau est le véritable menstrue des parties salines en général, elle dissout encore facilement quantité de substances, & c'est un phénomene que le Physicien ne peut trop étudier. Nombre d'expériences démontrent qu'elle dissout, ou qu'elle tient habituellement dans une espece de dissolution une assez grande quantité d'air. Il n'y a point d'eau, en effet, de quelque espece qu'elle soit, qui ne lâche une quantité plus ou moins abondante de bulles d'air, lorsqu'on la soumet à l'épreuve du vuide ; & lorsqu'on l'a

L'eau dissout quantité de substances.

Digitized by Google

purgée de ce dernier fluide, autant qu'il eſt poſſible de l'en purger, on remarque conſtamment, qu'expoſée à l'air libre, elle en diſſout, en peu de jours, une quantité égale à celle dont elle étoit précédemment ſaturée. On voit même ce phénomene d'une maniere plus ſatisfaiſante, ſi on introduit une petite maſſe d'air dans une eau qu'on vient de retirer de deſſous le récipient: cette maſſe, au lieu de demeurer dans l'eau ſous la forme de bulle, telle qu'on l'obſerve, lorſqu'on introduit une nouvelle quantité d'air dans de l'eau ordinaire, ſe diſſout & s'incorpore à l'eau.

Elle attaque encore les ſubſtances métalliques, à l'exception des métaux parfaits, & elle les attaque plus particuliérement, lorſqu'elle eſt réduite en vapeurs, & qu'elle eſt aidée du concours de l'air. Elle convertit leur ſurface en une eſpece de rouille propre à ces ſortes de métaux, & elle les prive en partie de leur principe inflammable.

Elle agit d'une maniere très-ſenſible ſur les liqueurs ſpiritueuſes, telles que l'eſprit-de-vin, & tous les eſprits ardens du même genre. Elle ſe combine avec eux ſelon toutes ſortes de proportions.

Digitized by Google

Elle diſſout les eſprits recteurs des ſubſtances végétales ; & c'eſt même particuliérement par ſon intermede qu'on parvient à les obtenir & à mettre des entraves à leur fugacité.

Elle attaque auſſi la partie la plus ſubtile des ſubſtances huileuſes, ainſi que M. *Baumé* le remarque dans ſa Chymie.

Elle diſſout encore toutes les ſubſtances gommeuſes, mucilagineuſes, gelatineuſes, &c. & quantité d'autres compoſés que nous paſſons ici ſous ſilence.

De la compreſſibilité de l'eau.

(473) Toutes les eaux ont encore en commun cette propriété, que leurs parties ſont très-roides, très-dures, & incapables de céder aux plus grands efforts. De-là l'opinion aſſez généralement admiſe parmi les Phyſiciens, que l'eau eſt incompreſſible. Ce n'eſt toutefois qu'une opinion, encore s'en faut-il de beaucoup que les obſervations qui y ont donné lieu, & ſur leſquelles on voudroit l'appuyer, ſoient ſuffiſantes, quoique les preuves qu'on apporte du contraire, ſoient encore bien moins établies.

La plus célebre entre les expériences qu'on peut citer en faveur de cette opinion, c'eſt,

sans contredit, celle qui fut imaginée par les Physiciens de Florence.

Nous fîmes fondre, disent-ils, une grande sphere d'argent, mais peu épaisse, & l'ayant remplie d'eau refroidie par le moyen de la glace, nous la fermâmes avec une vis très-solide. Ensuite nous commençâmes à la frapper légerement de tous les côtés, avec des marteaux, & alors l'argent, (ne souffrant point, à raison de sa crudité, d'être si fort atténué & étendu, comme l'or pur, le plomb, & d'autre métal plus mou,) se condensoit, & diminuoit sa capacité intérieure: l'eau cependant ne souffroit pas la moindre compression, car à chaque coup on la voyoit suinter à travers les pores du métal, comme du vif-argent qui sort par petites gouttes à travers la peau dans laquelle on le presse.

La conclusion que ces célebres Physiciens tirerent de cette expérience, fut que l'eau ne peut être condensée, pas même par les plus grandes forces, mais non qu'elle soit incompressible, & leur conclusion est on ne peut plus certaine. Le célebre *Muschenbroek* répéta cette expérience d'une maniere encore plus précise. Il eut égard à l'air qui

peut être intercepté entre les molécules de l'eau, & qui peut occasionner quelqu'erreur dans le jugement qu'on pourroit en porter. Il se servit, pour cela, de spheres de plomb ou d'étain, de trois pouces de diametre, & dont les parois avoient $\frac{1}{10}$ de pouce d'épaisseur. Du milieu de chaque sphere, s'élevoit un tube qui se terminoit par un petit orifice, mais il étoit fait de métal, & épais. Il avoit soin de purger d'air l'eau qu'il destinoit à cette expérience, & dont il vouloit remplir les spheres, & afin même qu'il n'y restât pas la moindre quantité d'air, il les mettoit sous le récipient de la machine pneumatique, & il les soumettoit encore à l'épreuve du vuide. Tout étant disposé de cette maniere, & dans un temps froid, pour que l'eau fût suffisamment condensée, il fermoit l'orifice du tube, appartenant à chacune de ces spheres, avec un style de plomb, qu'il y introduisoit à la profondeur d'un doigt, & qu'il y poussoit à coups de maillet. Il plaçoit ces spheres sous une presse, & son appareil étoit, à peu de choses près, semblable à celui que nous avons décrit (*Desc. & us. d'un Cab. de Phys. t. 2, plan. XXIII, fig. 2.*). Les spheres qui auroient pu se déformer &

s'applatir facilement, ſi elles avoient été roides, réſiſtoient alors fortement à l'effort de la preſſe. Mais dès qu'elles commençoient à céder, l'eau ſuintoit de toutes parts, comme une roſée, à travers les pores du métal.

La précaution dont *Muſſenbroek* ſe ſervit par rapport à l'air, me paroît indiſpenſablement néceſſaire. Ce fluide interpoſé entre les molécules de l'eau, étant très-compreſſible, pourroit occaſionner quelqu'erreur, & il pourroit ſe faire qu'on attribuât à l'eau quelques ſignes de compreſſion qui ne ſeroient dûs qu'à l'air qui ſe trouveroit renfermé avec elle.

Ce fut peut-être, & même ce fut, ſelon les apparences, par le défaut de cette ſage précaution, que le Chancelier *Bacon* s'imagina avoir comprimé l'eau, dans une expérience ſemblable. Nous fîmes faire, nous dit-il (1), un globe creux de plomb, qui contenoit environ deux pintes, & aſſez épais, afin qu'il réſiſtât à une plus grande force. Nous y mîmes de l'eau par un trou, & ce trou fut enſuite fermé avec du plomb fondu. Nous applatîmes le globe des deux

(1) Imper. philoſ. & lib. 2, organi novi, pag. 390.

côtés, avec un gros maillet : d'où il étoit néceſſaire que l'eau ſe condensât en un moindre volume, puiſque la ſphere eſt la plus grande de toutes les figures. Mais les coups de maillet ne ſuffiſant plus, l'eau ſe retirant à peine, nous nous ſervîmes d'une preſſe, afin que l'eau, ne pouvant plus ſouffrir la preſſion, diſtillât enfin à travers le métal, comme une roſée. Enſuite nous ſupputâmes combien l'eſpace avoit été diminué par cette compreſſion, & nous avons trouvé que l'eau avoit été comprimée d'une certaine quantité.

Outre le défaut que nous venons de reprocher à l'expérience du Chancelier *Bacon*, il pourroit bien ſe faire encore qu'il n'eût pas rempli aſſez exactement la boule : qu'il s'y fût introduit une petite quantité d'air en maſſe, lequel ſe condenſant avec celui qui ſe trouvoit naturellement interpoſé entre les molécules de l'eau, l'ait conduit à croire que ce liquide étoit ſuſceptible de condenſation, par le procédé que nous venons d'indiquer, & ſur lequel nous nous ſommes un peu étendus, eu égard à ſon importance, & à la contradiction qui ſe trouve, à ſon ſujet, dans les opinions des plus célebres Phyſiciens.

Le Chancelier *Bacon* n'eſt pas le ſeul

homme de génie, le seul bon Observateur qui ait cru que l'eau étoit corruptible. *Honoré Fabry*, si célebre en Physique par son hypothese sur les tubes capillaires, étoit de cet avis (1), & le savant *Boyle* venoit encore à l'appui de cette opinion (2); mais les expériences qu'ils citent en sa faveur, encore moins persuasives & moins bien vues que celle dont nous venons de faire mention, ne méritent pas que nous nous occupions à les réfuter.

Des qualités particulieres & accidentelles des eaux.

(474) Outre les propriétés générales qui appartiennent à toutes les eaux quelconques, ainsi que nous venons de l'observer précédemment, chaque eau a des qualités particulieres qui dépendent des corps étrangers avec lesquels elle se trouve combinée. Il n'en est aucune qui soit parfaitement pure & homogene.

Eau de pluie.

L'eau de pluie, qu'on regarde généralement comme la plus pure de toutes les eaux, est nécessairement impregnée de toutes les substances étrangeres qu'elle rencontre, & qu'elle balaie en traversant les couches

(1) Phys. 4, lib. 2, de Elem. prop. 217.

(2) Exper. phys. mech. nov.

Digitized by Google

de l'atmosphere. De-là ces qualités variées qu'on remarque dans cette eau, recueillie en différens endroits, & en différens temps.

Conservée dans un vase bien fermé, il s'éleve à sa surface, & en peu de temps, de petits nuages blanchâtres qui augmentent de dimensions; ils deviennent plus grands, plus nombreux, & plus opaques. Ces nuages dégénerent ensuite en une mucosité fine, molle & tenace, & l'eau devient alors visqueuse. De-là vient, comme le remarque très-bien *Boerhaave* (1), que quand cette eau reste quelque temps en repos, on voit qu'elle se convertit en petits filamens mucilagineux, qu'elle dépose des féces, qu'elle change de couleur, d'odeur & de goût; car lorsqu'elle a subi ces changemens, elle prend une odeur de moisi, & elle acquiert un goût rance, souvent insupportable.

(475) Ce que nous disons de l'eau de pluie, doit s'entendre également de l'eau de neige. Cette derniere est cependant plus pure, sur-tout si la neige qui l'a produite, a été recueillie dans un endroit fort élevé. Elle sera beaucoup moins chargée des parties

Eau de neige

(1) Boerhaave, Elémens de Chymie, t. IV.

Digitized by Google

hétérogenes qui se rencontrent plus particuliérement vers les couches inférieures de l'atmosphere: elle contiendra cependant toujours quelques corps étrangers, quelques principes salins qui la rend propre, comme on l'observe, à fertiliser les terres sur lesquelles elle tombe assez abondamment, & sur lesquelles elle séjourne assez long-temps, pour les couvrir d'une espece de croûte qui y dépose les parties hétérogenes qu'elle contient (1).

Eau de fontaine.

(476) On regarde assez communément l'eau de fontaine comme une eau très-pure & très-salubre. Elle doit son origine à la pluie, ainsi que nous l'avons observé précédemment (467). Elle ne peut donc être plus pure que celle de riviere, à moins que la pluie qui l'a formée, ne soit tombée dans des endroits remplis de petits cailloux bien nets, à travers lesquels elle se soit filtrée. C'est ainsi que l'eau de pluie qui tombe sur des collines, dont la surface est couverte de sable, & qui se filtre à travers, donne une eau bien plus pure que n'est communément l'eau de pluie. Mais, pour l'ordi-

(1) Olaus Rudbeck, Atlantica, pag. 128.

Digitized by Google

faire, l'eau des fontaines coule pendant un certain eſpace de chemin, ſous terre, & à travers quantité de matieres différentes qu'elle diſſout, & qu'elle entraîne avec elle. De-là ces qualités variées qu'on trouve à ces ſortes d'eaux; de ſorte qu'on ne peut guere juger de la pureté & de la ſalubrité de ces eaux que par l'analyſe, ou par la connoiſſance qu'on peut avoir de la nature du terrein par lequel elles paſſent. Celles qui charrient des ſels vitrioliques à baſe de cuivre, ont, comme nous l'avons remarqué précédemment (ſection 2), la propriété de convertir le fer en fort beau cuivre roſette. Telles ſont certaines fontaines d'Allemagne, dont nous avons fait mention. Celles qui tiennent en diſſolution des ſubſtances bitumineuſes, ſont ſuſceptibles d'inflammation. Telle eſt l'eau d'une fontaine qui ſe trouve à Porette, dans le voiſinage de Bologne (1). Celles qui contiennent des ſubſtances ſpiritueuſes, enivrent de la même maniere que la plupart des liqueurs fermentées. On en connoît pluſieurs qui jouiſſent de cette propriété, & *Varenius* nous aſſure que

(1) Caſſini, Hiſt. de l'Acad. des Scien. an. 1687.

Digitized by Google

les eaux du fleuve *Lyncestius* produisent cet effet (1).

Eaux de rivieres & de fleuves.

(477) Les eaux des rivieres & des fleuves ne different des eaux des fontaines, qu'en ce qu'elles coulent sur la surface de la terre, tandis que celles des fontaines coulent & serpentent dans l'intérieur du globe. Elles doivent donc, ainsi que ces dernieres, dissoudre, chemin faisant, quantité de substances qu'elles rencontrent, s'en charger plus ou moins abondamment, & se combiner avec elles : de-là pareillement les qualités particulieres qu'elles contractent. Celles qui roulent avec elles quantité de sables, de substances cretacées qu'elles dissolvent, & en général des sucs pétrifians auxquels elles sont unies, produisent des phénomenes variés & dignes de l'attention du Physicien. Elles forment, lorsqu'elles viennent à se filtrer à travers des rochers, des concrétions plus ou moins remarquables. Les unes sont solides, compactes, telles que les *stalactites* : les autres poreuses, friables, telles que les *incrustations*. L'eau est, en général, le véhicule de toutes ces substances lapidifiques : elle s'en sépare cependant faci-

Stalactites.

(1) Varenius, géogr. §. IV. C. 17.

lement,

lement, & elle leur procure, par ce moyen, la facilité de se réunir & de produire les effets que nous venons d'indiquer.

Des stalactites.

Les stalactites se remarquent particulièrement aux voûtes des rochers, des grottes, & aux parois des galeries des mines. Ce sont ordinairement des cristallisations rameuses, dont la forme approche de celle d'une quille, ou d'un cône renversé. Elles sont composées de couches quelquefois concentriques, plus souvent excentriques, & leur dureté varie en plus & en moins. Celles qui pendent, ou qui sont comme suspendues aux voûtes souterreines, ont, en général, leur tissu plus ou moins blanc, fin & serré, comme le remarque très-bien M. *Bomare* (1). Elles s'allongent, dit-il, par la même raison qu'elles grossissent, semblables, en cela, aux glaçons qui pendent aux toits pendant l'hyver.

Lorsque les stalactites commencent à se former, elles sont très-minces, très-petites, & percées vers leur milieu; mais ce trou s'obstrue à la longue, & se bouche en partie. Ce fut cette ouverture qui induisit M. *de Tournefort* en erreur, & qui lui fit croire

(1) Bomare, Dict. d'Hist. Natur. t. 6.

qu'elles se formoient par *intus susceptionem*. Mais l'observation la plus constante, appuyée du raisonnement le plus solide, nous prouve qu'elles se forment par *juxta positionem*. Une goutte d'eau qui se filtre à travers une crevasse, ou une fente demeure quelque temps adhérente à cette ouverture : elle s'évapore à la longue, & le suc pierreux qu'elle contenoit, demeure à siccité, & adhere à la même place. Une nouvelle goutte d'eau coule sur la première, s'évapore, & y dépose également le suc pierreux qu'elle entraînoit avec elle. C'est ainsi que se forment, gouttes à gouttes, ces sortes de concrétions, & qu'elles acquierent à la longue la consistance & les dimensions qu'on leur connoît.

M. l'Abbé *de Sauvages*, bien connu par ses recherches sur quantité de parties intéressantes de l'Histoire Naturelle, dit avoir remarqué que les stalactites étoient, en toutes saisons, seches dans toute leur surface, à la réserve de la pointe, où la goutte pendoit; ce qui s'accorde parfaitement avec la maniere selon laquelle ces sortes de concrétions se produisent. Son observation est confirmée par celles que M. *Bomare* dit avoir faites dans plusieurs grottes, en Angleterre, en

Corſe, aux Pyrénées, aux Alpes, &c. Ces grottes, dit-il, ſont remplies de ſtalactites, très-longues, fort menues & humides par la pointe. On en voit de très-curieuſes dans les grottes d'Arcy en Bourgogne.

(478) Ces eaux chargées de ſucs lapidifiques, s'infiltrant, pour ainſi dire, dans les ſubſtances végétales qu'elles rencontrent, les corrompent, en détruiſent l'organiſation, y dépoſent une partie de leur ſuc lapidifique, & les convertiſſent en véritable pierre, dont la nature varie à raiſon de la diverſité des ſucs qui y abordent. De-là ces pétrifications variées de différentes eſpeces, plus ou moins avancées, qu'on rencontre dans les fouilles qu'on fait en quantité de circonſtances. La forme extérieure du végétal ſubſiſte : on remarque aſſez bien la diſpoſition des fibres ligneuſes ; mais ces fibres, totalement détruites, ne ſont plus formées que de la partie terreuſe & fixe de la ſubſtance végétale qu'elles formoient originairement. Pétrifications.

La peine avec laquelle on reconnoît la nature du végétal ainſi transformé en pierre, a donné lieu à une autre maniere d'expliquer ce phénomene.

Les ſucs lapidifiques introduits dans les

pores du bois ; s'y condenſent ; & le bois ſe décompoſe. Il ſe réduit en parties fines & poudreuſes, qui ſont expulſées hors de la maſſe, par les filtrations aqueuſes. Par ce moyen, la place précédemment occupée par les parties ſolides, deivent autant de pores, & les pores du bois ſe trouvent remplis. Ce changement ne produit aucune différence apparente, ni ſur le volume, ni ſur la forme de la maſſe : il en réſulte ſeulement que ce qui étoit pore dans le bois naturel, devient ſolide dans le bois pétrifié. De cette maniere, ce dernier a bien moins d'étendue en pores, qu'en parties ſolides : auſſi eſt-il beaucoup plus denſe que le premier. Cette idée eſt, à la vérité, très-ingénieuſe ; mais repréſente-t-elle parfaitement l'opération de la Nature ? C'eſt une queſtion que nous abandonnons aux Naturaliſtes.

On découvrit, il y a quelques années, dans le pays d'Auge, un petit ruiſſeau pétrifiant, dont les ſucs pierreux ſont, dit-on, d'une nature vitrifiable. Tout ce qui y tombe, morceaux de bois, os d'animaux, &c. s'y pétrifient, & acquierent une dureté aſſez grande pour pouvoir entamer & uſer, par le frottement, l'acier le plus dur & le mieux trempé.

Digitized by Google

Ces pétrifications peuvent ſervir de pierres à aiguiſer : quelques-unes d'entre elles ſurpaſſent la dureté des pierres du Levant, & la douceur des meilleures pierres à raſoir ; ce qui prouve que la matiere pétrifiante n'eſt qu'un ſable d'une extrême fineſſe, engagé dans une argille durcie, comme on le remarque dans les pierres connues ſous le nom de *cos*, ou *queux* (1).

Incruſtations.

(479) Lorſque les ſucs lapidifiques ſont trop groſſiers pour ſe filtrer à travers la ſubſtance végétale, ils ſe dépoſent ſur la ſurface, & ils forment des concrétions d'une eſpece différente, qu'on connoît ſous le nom d'*incruſtations*. On en voit de très-curieuſes dans toute la longueur du canal d'Arcueil. Un corps étranger, mais particuliérement une ſubſtance végétale, abandonnée pendant quelque temps dans ce canal, y eſt continuellement baignée par l'eau qui y coule, & qui dépoſe, en paſſant, les ſables qu'elle roule avec elle. La forme de ce corps n'en eſt point ſenſiblement altérée. La concrétion, dont il eſt recouvert, eſt friable, & on re-

(1) Avant-Coureur, 1. Mars 1767.

trouve, dans ſon intérieur, la ſubſtance qui lui ſert de baſe, & qu'elle recele.

Malgré la quantité de ſucs pétrifians que certaines eaux charrient, on remarque aſſez conſtamment qu'elles ne cauſent aucun dommage à ceux qui les boivent. Elles ne produiſent point la pierre, comme il ſeroit aſſez naturel de l'imaginer (1).

Eau de puits. (480) On conçoit facilement, par tout ce que nous venons d'obſerver, que l'eau de puits, qui ſe filtre à travers une étendue plus ou moins grande de terrein, ne doit point être auſſi pure que les précédentes; qu'elle doit être plus ou moins chargée des parties hétérogenes qu'elle rencontre & qu'elle diſſout. Ces ſortes d'eaux, très-variées dans leurs eſpeces, ſont, à proprement parler, des eaux minérales: elles tiennent en diſſolution quantité de matieres gypſeuſes, ſélénitéuſes, & pluſieurs autres, qui les rendent plus ou moins inſalubres, & incapables de ſe prêter aux beſoins les plus ordinaires de la vie. Les eaux des puits de Paris, ſont plus particuliérement dans ce cas, à cauſe de la quantité

(1) Mém. de l'Acad. Roy. des Scien. an. 1721.

Digitized by Google

prodigieuſe de ſélénite dont le terrein eſt rempli. On donne, en général, à ces ſortes d'eaux, le nom d'*eaux dures*, ou *crues*.

(481) Les eaux ſtagnantes, celles qui ſéjournent dans le même endroit, telles que les eaux de lacs, de marais, de foſſés, ſont, ſans contredit, les moins ſalubres. Prenons-en pour exemple celles qui baignent aſſez communément les murs des grandes Villes. Les foſſés qui les recelent, ſont le receptacle de quantité de latrines établies ſur leurs bords, & de toutes les immondices qu'on y tranſporte & qu'on y jette. Combien de ſubſtances étrangeres, & de toute eſpece, ne reçoivent-elles pas! que d'ingrédiens différens ſe combinent avec elles, & alterent plus ou moins leur conſtitution! On ne peut s'en former une idée, qu'en examinant ſéparément les qualités des ſubſtances étrangeres qui y ſont dépoſées, & ce qui doit réſulter de leurs combinaiſons variées. Eaux ſtagnantes.

(482) Quoiqu'on pût, à proprement parler, donner le nom d'eaux minérales à toutes celles que nous venons d'indiquer, puiſqu'elles contiennent toutes quelques parties étrangeres, tirées du regne minéral, l'uſage n'a conſacré ce nom qu'à certaines eaux par- Eaux minérales.

ticulieres dont on fait uſage en Médecine ; en vertu des propriétés qu'elles acquierent par leurs combinaiſons avec les parties hétérogenes qu'elles charrient. On les diſtingue communément en eaux froides & en eaux chaudes. On range dans la premiere claſſe, toutes celles dont la température n'excede point celle de l'atmoſphere. Les chaudes, plus communément appellées *eaux thermales*, ont toutes une température plus chaude que n'eſt celle de l'atmoſphere : cet excès de chaleur varie dans les unes & les autres, & approche quelquefois du terme de l'ébullition de l'eau. De quelqu'eſpece que ſoient les eaux minérales, on les diſtingue encore à raiſon des principes prédominans qu'on y découvre. De-là celles qu'on a appellées juſqu'à préſent, quoiqu'aſſez improprement, *eaux acidules*, & qu'on doit plutôt nommer *eaux aérées*, puiſque le goût acidule qu'elles provoquent, dépend de la quantité d'air fixe qu'elles contiennent, & qui agit, en ſe développant, ſur l'organe du goût. De-là les *eaux alkalines*, eu égard à la quantité ſurabondante des ſels alkalins qu'elles fourniſſent. De-là les *eaux martiales*, ainſi nommées par la quantité de

fer qu'elles roulent & qu'elles tiennent dans un état de combinaiſon, &c.

(483) On conçoit facilement, par ce ſimple expoſé, que ces eaux doivent avoir des vertus particulieres & différentes, dépendantes des principes actifs qu'elles recelent, & qu'on ne peut connoitre ces propriétés, & les applications heureuſes qu'on en peut faire, que par une analyſe fort exacte. Mais comment faire cette analyſe? Comment découvrir tous les principes conſtituans de ces eaux, parmi leſquels il s'en trouve ſouvent qui ſont on ne peut plus fugitifs, & très-difficiles à retenir? C'eſt, ſans contredit, le plus beau travail qui puiſſe exercer les recherches du Chymiſte & du Phyſicien. Notre deſſein n'eſt certainement point de rebuter ceux qui voudroient ſe livrer à un travail auſſi utile; mais nous ne pouvons nous diſpenſer de leur faire entrevoir une partie des difficultés qu'ils doivent vaincre, s'ils veulent tirer parti de leur travail, & devenir utiles à la ſociété.

Moyens de connoître les vertus de ces eaux.

Il eſt quantité d'eaux minérales, dont les principes eſſentiels, les plus actifs, les plus appropriés à l'uſage auquel on les deſtine, ſont quelquefois ſi volatils, qu'elles ne ſont point en état de ſupporter le tranſport. Le

Digitized by Google

mouvement, leur expoſition à l'air, les dénature quelquefois au point de les rendre tout-à-fait méconnoiſſables. Il eſt donc important de faire l'examen de ces ſortes d'eaux à la ſource même qui les fournit.

Il faut examiner avec ſoin, lorſqu'on eſt ſur les lieux, la ſituation de cette ſource, la nature du terrein dans lequel elle ſe trouve, & particuliérement les lieux les plus élévés qui ſont dans ſon voiſinage. Les connoiſſances qu'on peut retirer de cet examen, favoriſent infiniment celles qu'on peut acquérir ſur la nature de l'eau qu'on ſe propoſe de connoître.

Il faut enſuite mettre en uſage le miniſtere de tous les ſens qui ſont ſuſceptibles d'être affectés par l'eau elle-même; s'aſſurer de ſon goût & de ſon odeur, lorſqu'elle eſt ſuſceptible d'affecter l'organe de l'odorat. Ces préliminaires indiquent aſſez ſouvent les opérations les plus certaines qu'on peut employer pour les analyſer.

Il faut s'aſſurer de leur température naturelle, à l'aide d'un excellent thermometre, dont nous donnerons la deſcription plus bas, & examiner leur peſanteur ſpécifique, par le moyen d'un peſe-liqueur, ſur lequel on puiſſe

Digitized by Google

raiſonnablement compter. En ſuppoſant que leur peſanteur ſpécifique ſoit moindre que celle de l'eau diſtillée, il y a tout à croire que ces eaux contiennent des ſubſtances volatiles, ſpiritueuſes, & élaſtiques. Ce ſont ces ſortes de ſubſtances qu'on déſigne, en général, ſous le nom de *gas*, ou d'*eſprit des eaux*. Celles qui en ſont pourvues, pétillent, forment des bulles qu'on remarque même lorſqu'elles ſont dans leur propre baſſin, mais plus particuliérement, lorſqu'on les agite ou qu'on les tranſvaſe. Ce ſont celles-là ſur-tout qu'il faut éprouver à la ſource même; car elles perdent infiniment dans le tranſport. Leur ſaveur piquante ſe détruit: elles deviennent plates & fades.

On obtient, avec aſſez de facilité, cette partie volatile, en liant une veſſie ſur le col d'une bouteille qu'on vient de remplir à la ſource même. En agitant cette bouteille, on parvient à faire lâcher priſe au *gas*. Il ſe ſépare de l'eau, & il paſſe dans la veſſie. Si on la ferme exactement, en liant deſſus un ſecond fil au-delà du col de la bouteille, on pourra le tranſporter, en meſurer la quantité, & examiner ſa nature & ſes propriétés.

Il eſt bon d'examiner encore les eaux,

Digitized by Google

pendant quelque temps, dans des vaiſſeaux clos, & dans d'autres qu'on laiſſe ouverts. Il eſt bon de les ſoumettre à l'action du feu, & de la graduer ſucceſſivement juſqu'au terme de l'ébullition, pour voir les eſpeces de dépôts qu'elles font. Ces ſortes de dépôts indiquent, juſqu'à un certain point, la marche qu'on doit ſuivre, pour procéder à leur analyſe.

Cette analyſe peut ſe faire de deux manieres, ou par voie de diſtillation, ou par les *réactifs*; c'eſt-à-dire, en verſant dans ces eaux des ſubſtances particulieres, propres à provoquer la précipitation des parties hétérogenes qu'elles contiennent. Il eſt même important d'employer ſucceſſivement ces deux moyens; & malgré toutes les précautions qu'on peut apporter à ces ſortes d'opérations, il eſt difficile que l'analyſe d'une même eau minérale, répétée pluſieurs fois, & en différens temps, fourniſſe les mêmes produits. De-là cette diverſité que nous remarquons dans les réſultats de l'examen d'une même eau minérale fait par les Chymiſtes les plus expérimentés & les plus attentifs.

Mille cauſes concourent à produire ces

Digitized by Google

différences. Les variations habituelles de l'atmoſphere, les changemens aſſez fréquens, auxquels l'intérieur du globe ſe trouve expoſé ; quelquefois l'épuiſement des minéraux d'où ces eaux tirent leurs qualités ; d'autres fois les mêlanges qui ſurviennent à ces eaux, ſoit par l'abord d'une nouvelle eau minérale qui s'eſt ouvert un paſſage, ſoit par les eaux ſimples qui ſe ſont infiltrées, & qui viennent ſe joindre & ſe combiner avec elles.

Ce ſimple expoſé ſuffit pour faire connoître toute la difficulté du travail qu'on s'impoſe, lorſqu'on ſe propoſe d'analyſer une eau minérale, & d'en indiquer les vertus.

(484) Il ſuit, en général, de tout ce que nous venons de faire obſerver ſur la diverſité des eaux, qu'il n'en eſt aucune qui ſoit pure ; qu'elles contiennent toutes une quantité plus ou moins abondante de ſubſtances étrangeres, dont la plupart ſe combinent avec elles, à raiſon de leur diſſolubilité & de leur affinité. Il s'enſuit encore, qu'on ne peut connoître que difficilement les qualités d'une eau donnée. On peut toutefois cependant les connoître juſqu'à un certain point, & ſuffiſamment, pour juger de la ſalubrité de l'eau qu'on voudroit deſtiner à ſa boiſſon ordi- Concluſion générale.

Digitized by Google

naire ; en ſuivant les procédés que nous allons indiquer.

Effets des réactifs, pour juger des qualités des eaux.

(485) L'expérience, jointe à une théorie éclairée, démontrent que quelques gouttes d'une diſſolution d'argent, verſées dans des verres remplis d'eaux de différentes eſpeces, occaſionnent des précipités variés, à l'aide deſquels on peut reconnoître les ſubſtances étrangeres qu'elles recelent ; mais pour les reconnoître plus facilement encore, on peut les éprouver par des réactifs particuliers.

Celles qui ne contiennent qu'une terre abſorbante, ont la propriété de verdir le ſyrop de violettes, & elles font efferveſcence avec les acides. Les eaux ferrugineuſes s'altèrent, & prennent une couleur violette tirant ſur le noir, lorſqu'on verſe dedans quelques gouttes d'infuſion de noix de galles.

Sont-elles ferrugineuſes & vitrioliques, la couleur noire devient plus foncée, lorſqu'on les éprouve avec l'infuſion de noix de galles ; & elles ont encore cela de particulier, & qui les diſtingue des eaux ſimplement ferrugineuſes, qu'elles ſe précipitent ſous la forme de bleu de Pruſſe, lorſqu'on verſe dedans quelques gouttes d'alkali phlogiſtiqué.

Digitized by Google

L'eau de chaux, verſée dans celles qui contiennent quelques matieres arſenicales, occaſionne un précipité qui prend une couleur d'ochre.

L'alkali volatil donne une couleur laiteuſe à celles qui tiennent en diſſolution de la ſélénite, & même du ſel marin ordinaire.

L'huile de tartre produit un précipité jaune dans celles qui ſont combinées avec un principe mercuriel.

Peſanteur ſpécifique des eaux.

(486) Si toute eſpece d'eau quelconque contient une quantité plus ou moins abondante de ſubſtances étrangeres, & de différentes eſpeces, il s'enſuit néceſſairement que leur peſanteur ſpécifique doit varier, & elle varie effectivement, comme il eſt aiſé de s'en aſſurer, en jettant les yeux ſur la table que nous avons inſérée dans la ſection précédente. On y verra que la peſanteur ſpécifique de l'eau de pluie étant déſignée par... 1,000
Celle de cette même eau diſtillée, s'exprime par..... 0,999
Celle de la mer..... 1,030
Une autre eſpece..... 1,221
Celle de fleuve..... 1,009
Celle de puits..... 0,999

En ſuivant, à la rigueur, le précepte de la

Médecine, & en donnant la préférence, pour ſa boiſſon ordinaire, à l'eau la plus légere, il eſt conſtant qu'on préféreroit l'eau de puits, puiſqu'elle eſt auſſi légere que l'eau diſtillée, dont on ne pourroit ſupporter l'uſage, par rapport au goût fade & ſouvent empyreumatique qu'elle contracte. Or, tout le monde ſait que l'eau de puits eſt une eau crue, une eau dure, & tout-à-fait impotable. Ce que nous obſervons ici par rapport à l'eau de puits, doit s'entendre également de l'eau de neige: elle eſt aſſez ſouvent de même peſanteur ſpécifique que l'eau diſtillée, & elle eſt tout-à-fait inſalubre. On ſait que ceux qui ſont condamnés à boire de cette eſpece d'eau, tels que les Habitans des Alpes, par exemple, ſont ſujets à des gouetres qu'on ne peut attribuer qu'à la boiſſon habituelle de l'eau de neige. On ne doit donc pas prendre le précepte de la Médecine à la rigueur; & lorſque les Médecins nous recommandent de choiſir pour notre boiſſon une eau légere, ils entendent, avec *Boerhaave*, une eau dont les parties ſoient très-déliées, très-mobiles; celle qui bout le plus aiſément, & qui ſe refroidit de même. On donne communément la préférence à l'eau de pluie, & à celle des fontaines;

Digitized by Google

fontaines ; mais ces dernieres ne ſont pas toutes indifféremment auſſi ſalubres, & on voit, par ce que nous avons dit précédemment, qu'il eſt important de les ſoumettre à l'examen.

Malgré les variétés qu'on peut obſerver, & qu'on obſerve journellement dans la peſanteur ſpécifique de l'eau, les Phyſiciens la regardent comme huit cent fois plus peſante que l'air ; mais on conçoit facilement que ce rapport n'eſt ni abſolument exact, ni conſtant : c'eſt un terme moyen qu'on eſt convenu d'admettre en Phyſique. Quelques-uns cependant, tels que *Halles*, *Boyle*, & quelques autres, déſignent cette peſanteur moyenne ſous un rapport plus éloigné. Le premier prétend que la peſanteur ſpécifique de l'eau, eſt à celle de l'air, comme 840 eſt à 1 (1). *Boyle* aſſure que ces peſanteurs ſuivent entre elles le rapport de 814 à 1 (2) : mais ces deux réſultats ſont trop peu éloignés de celui qui eſt le plus univerſellement reçu, pour ne pas nous en tenir à celui-ci.

(1) Halles, Tranſ. philoſ. 1686.
(2) Boyle, exper. nov. continuat.

Digitized by Google

ARTICLE SECOND.

De l'eau considérée dans l'état de vapeurs.

De l'action du feu sur l'eau.

(487) L'eau renfermée dans un vaisseau, tel qu'une cafetiere, par exemple, & exposée à l'action du feu, acquiert successivement différens degrés de chaleur qui la conduisent à l'ébullition & à l'évaporation. Elle se dilate au point d'augmenter son volume de 0,361, en passant du terme de la congélation à celui de l'eau bouillante, & on remarque, à mesure que sa température augmente, des phénomenes particuliers que le Physicien doit saisir & connoître.

De quelle maniere l'air s'en dégage, & l'eau s'échauffe.

(488) Imprégnée d'air interposé entre ses molécules, cet air s'en échappe d'une maniere plus ou moins sensible. Commence-t-elle à s'échauffer, & à prendre une température de quelques degrés supérieure à celle de l'atmosphere, on voit cet air former de petits globules transparens & adhérens aux parois intérieures du vaisseau. Poussés de bas en haut, par la matiere ignée qui pénetre la masse d'eau, & qui tend à s'élever dans l'atmosphere, ces globules viennent crever

Digitized by Google

à la surface de l'eau, & ce phénomène subsiste jusqu'à ce que la chaleur de l'eau soit plus fortement augmentée : ces bulles s'élevent alors avec beaucoup plus de promptitude, & particuliérement si on vient à agiter le vase, & la masse d'eau en devient plus homogene & plus diaphane. Lorsque cette expérience se fait dans un vaisseau transparent, tel qu'un vaisseau de verre mince, & qu'elle se fait dans l'obscurité, on voit la matiere ignée se porter & se distribuer dans la masse liquide. Elle s'y éleve d'abord sous la forme de petits filets. De la réunion de plusieurs de ces filets, résultent de petites lames qui s'élevent inégalement à travers la masse d'eau, & elle s'échauffe à proportion. Lorsqu'elle est inpregnée de matiere ignée, autant qu'elle en peut contenir, celle qui continue à y aborder, s'en échappe, & souleve la surface de ce liquide, sous la forme de petites vagues, assez irrégulieres, & c'est alors qu'elle commence à bouillir. Est-elle réduite en ébullition, elle a alors acquis toute la chaleur qu'elle peut acquérir ; ce dont on peut s'assurer, en plongeant dans cette eau la boule d'un thermometre de mercure. On voit alors la liqueur du thermometre s'élever

Experience qui prouve que l'eau ne peut acquérir une plus grande chaleur que celle qui la fait bouillir.

progreſſivement juſqu'à la température de l'eau bouillante, & demeurer conſtamment à ce point, quelqu'effort qu'on faſſe pour augmenter l'activité du feu, & pour échauffer l'eau davantage. On parviendra bien à la faire bouillir plus fortement, c'eſt-à-dire, à la ſoulever en plus gros bouillons, mais l'intenſité de ſa chaleur n'en augmentera pas pour cela. Nous traiterons plus particuliérement de cet objet, lorſque nous parlerons de la graduation des thermometres.

Du ſon que produit l'eau avant d'arriver au terme de l'ébullition.

(489) L'eau expoſée à l'action du feu, produit, avant de bouillir, un ſon. Ce ſon, d'abord très-aigu, devient de plus grave en plus grave, à proportion que l'eau s'échauffe, & il eſt ordinairement très-grave, lorſqu'elle commence à bouillir.

La variété qu'on obſerve dans ce ſon, dépend de la matiere du vaſe & de l'épaiſſeur de ſes parois. Il eſt, en partie, formé par les bulles d'air dont nous avons parlé précédemment (488). Ces bulles venant à crever à la ſurface de l'eau, frappent l'air qui les avoiſine. Il eſt encore produit par les petites molécules d'eau que la matiere ignée ſouleve en paſſant : ces molécules venant à retomber ſur le fond, ou à frapper contre les parois

Digitized by Google

du vaſe, le font réſonner, & lui communiquent une eſpece de frémiſſement qui ſe tranſmet aux parties de la maſſe d'air ambiante. Il eſt donc produit par le concours de différentes cauſes qui doivent néceſſairement le diverſifier, comme on l'obſerve habituellement.

(490) Si l'eau acquiert un degré donné de chaleur, lorſqu'elle eſt réduite en ébullition; ſi la matiere ignée qui la pénetre, & qui continue à la pénétrer, tend à ſe diſtribuer uniformément à toutes les parties de la maſſe d'eau, à travers laquelle elle ſe tamiſe, cette eau néanmoins ne peut communiquer le même degré de chaleur à une autre maſſe d'eau renfermée dans un vaſe qu'on laiſſeroit plongé dans la maſſe d'eau bouillante. Il s'en faudroit de beaucoup que la température de l'eau renfermée dans le ſecond vaiſſeau, acquît toute la chaleur qui fait bouillir la premiere, ou celle du bain-marie. On peut s'aſſurer de ce fait, en plongeant la boule d'un thermometre de mercure dans l'eau du ſecond vaſe. Or, ce degré de chaleur, inférieur à celui de l'eau bouillante que la ſeconde maſſe d'eau contracte, eſt ce qu'on appelle en Chymie, *le terme moyen de l'eau bouillante*, Degré moyen de l'eau bouillante.

Digitized by Google

& on ſe ſert, avec le plus grand avantage, de cette température, pour analyſer quantité de ſubſtances, dont les principes, trop volatiles, céderoient confuſément à un plus grand degré de chaleur. Prenons-en pour exemple l'analyſe des ſubſtances végétales, ſuppoſons celle d'une plante aromatique. Expoſée à la chaleur de l'eau bouillante, ſon huile eſſentielle ſe développe, & monte confuſément avec ſon principe odorant, & l'eau de ſa végétation; de ſorte que le produit qu'on obtient par ce moyen, eſt un véritable compoſé de trois principes. Si on veut donc un produit plus ſimple, & ſéparer l'huile eſſentielle de la plante, d'avec ſon eſprit recteur, & l'eau de la végétation, il ne faut faire ſubir à cette plante que le degré moyen de l'eau bouillante. Il faut la diſtiller au bain-marie: alors il ne montera que l'eſprit recteur engagé dans l'eau de la végétation de cette plante; car il n'eſt pas poſſible d'obtenir ſéparément ces deux principes: mais le produit ſera plus ſimple, & bien moins compoſé que le précédent.

(491) Si une maſſe d'eau renfermée dans un vaſe qu'on expoſe à toute la chaleur d'un bain-marie, réduit en ébullition, ne peut

Digitized by Google

acquérir le même degré de chaleur que le bain, parce que la matiere ignée pénetre plus facilement la masse d'eau du bain-marie, que les parois du vaisseau qui s'y trouve plongé, il seroit néanmoins possible que la liqueur renfermée dans ce vaisseau, fût réduite en ébullition, aussi bien que celle du bain-marie. Il suffiroit, pour cela, d'opérer sur une liqueur plus légere que l'eau, & plus facile à bouillir, c'est-à-dire, sur une liqueur qui bout à un degré de chaleur inférieur à celui qui fait bouillir l'eau. C'est ce qu'on observeroit, si on opéroit sur une liqueur spiritueuse, telle que l'eau-de-vie, l'esprit-de-vin, &c. toujours seroit-il également vrai de dire que la température de cette liqueur seroit inférieure à celle du bain-marie qui la feroit bouillir.

Evaporation de l'eau.

(492) A mesure qu'une masse d'eau s'échauffe par l'action du feu qui la pénetre, non-seulement cette masse prend plus d'extension, comme nous l'avons observé précédemment (487), mais encore les parties qui sont à sa surface, se dilatent, s'écartent les unes des autres, se volatilisent, & s'élevent dans l'atmosphere, sous la forme de vapeurs plus ou moins abondantes. Ces vapeurs ne

Digitized by Google

ſont point différentes de l'eau qui les fournit. Ce ſont, ſi on peut s'exprimer ainſi, les parties intégrantes de l'eau ſéparées & iſolées les unes des autres, & réduites à leur plus petit degré de ténuité. Raſſemblées par quelque procédé quelconque, mais particuliérement recueillies dans un vaiſſeau froid, elles ſe réuniſſent, & elles forment naturellement des gouttes d'eau qui coulent ſur les parois de ce vaiſſeau. Elles ne ſont donc point d'une nature différente de l'eau qui les fournit, & celle-ci ne ſouffre aucune décompoſition, aucune altération par ſon évaporation: au contraire, elle ſe purifie, par ce moyen, de la plus grande partie des corps étrangers qu'elle contient, & qui ſont trop fixes pour s'élever avec ces vapeurs.

Expanſion de la vapeur.

(493) Malgré le poids de l'atmoſphere qui s'oppoſe à l'expanſion de l'eau qu'on réduit en vapeurs, ces vapeurs ſe dilatent néanmoins au point d'occuper un eſpace quatorze mille fois plus grand que celui que l'eau occupe naturellement, tant qu'elle eſt ſous la forme de liqueur. C'eſt un fait ſur lequel tous les Phyſiciens ſont d'accord, & qu'on a confirmé plus d'une fois par des expériences & des obſervations inconteſtables.

Digitized by Google

L'eau acqu[illegible]donc, par ce moyen, une force expa[illegible], une élaſticité prodigieuſe & capable de produire des effets extraordinaires. Plus dilatable que l'air qui ne ſe dilate que d'un tiers à la chaleur de l'eau bouillante; plus dilatable encore que la poudre à canon, lorſqu'elle s'embraſe, & qui ne ſe dilate alors qu'au point d'occuper un eſpace quatre mille fois plus grand (1), elle devroit produire de plus grands effets, & elle les produiroit effectivement, ſi elle ſe dilatoit en maſſe avec la même promptitude avec laquelle la poudre s'embraſe. Or, l'expérience nous apprend qu'une groſſe maſſe de poudre s'enflamme preſqu'auſſi promptement qu'une petite maſſe de la même poudre. Il n'en eſt pas ainſi de l'expanſion de la vapeur: plus la maſſe à évaporer eſt conſidérable, plus il faut de temps pour qu'elle s'évapore, & conſéquemment pour qu'elle produiſe ſon effet. De-là il n'eſt pas ſurprenant qu'on donne la préférence à la poudre, en quantité de circonſtances, où le ſuccès d'une opération dépend ſouvent de la promptitude avec laquelle elle ſe fait.

(1) Amontons, Hiſt. de l'Acad. des Scien. an. 1707. Belidor, Bombardier François, part. 2.

Digitized by Google

Observation sur la promptitude de l'évaporation de l'eau.

L'observation suivante est extrêmement importante, relativement au tems que l'eau employe à s'évaporer. On remarque qu'à proportion que l'eau prise à la température de la glace, parvient plus promptement au terme de l'ébullition, & plus promptement elle s'évapore. *Eller* (1) est un des premiers qui ait fait cette observation, ou au moins, qui l'ait suivie avec ordre. Il remarqua qu'une goutte d'eau, prise à la température de la glace, posée sur une lame de verre, échauffée au quarantieme degré, selon l'échelle de *Farenheit*, employa trois cens minutes à s'évaporer entiérement. Une goutte semblable à la premiere, mise sur une semblable glace, échauffée jusqu'au cinquantieme degré, n'employa que deux cens minutes pour se dissiper entiérement. La glace étant échauffée au soixantieme degré, la goutte d'eau produisit le même effet, dans l'espace de cent minutes. La chaleur du verre étant portée au quatre-vingtieme degré, il ne fallut que vingt minutes pour dissiper la goutte d'eau, & elle se dissipa dans le moment, lorsqu'on la fit tomber sur une lame de verre échauffée au centieme degré de la même échelle.

(1) Eller, Mém. de l'Acad. de Berlin, an. 1746.

Digitized by Google

Leidenfroſt pouſſa plus loin ſes recherches ſur ce même objet (1), comme le remarque très-bien le célebre *Muſſenbroek* (2). Il fit tomber une goutte d'eau pure diſtillée dans une cuillier de fer rougie au point d'étinceler. Cette cuillier étoit retirée de deſſus le feu, & il obſerva que la goutte de liqueur ſe diviſa d'abord en pluſieurs petits globules qui ſe réunirent auſſi-tôt en un ſeul. Ce globule, ſans toucher la ſurface du fer, parut d'abord tranquille & ſans mouvement; il conſerva ſa tranſparence pendant ſon ébullition: il étoit cependant agité d'un mouvement de rotation très-rapide: la partie du fer rouge qui entouroit ce globule, ſe noircit, & le globule ſe diſſipa en vapeur en trente-quatre, ou trente-cinq ſecondes, & abandonna, ſur la ſurface du fer qui le portoit, une petite molécule de terre.

Il obſerva les mêmes phénomenes, après avoir verſé une ſeconde goutte d'eau dans cette même cuillier, mais moins chaude que précédemment. La liqueur ſe diſſipa dans l'eſpace de neuf à dix ſecondes. Elle ſe dif-

(1) Leidenfroſt, de aquæ communis qualitatibus.

(2) Muſſenbroek, Cours de Phyſ. t. 2.

Digitized by Google

ſipa encore plus promptement une troiſieme fois, lorſque la cuillier eut encore perdu une certaine portion de ſa chaleur. Elle n'employa alors que trois ſecondes à produire cet effet, & elle ne laiſſa aucun ſédiment terreux. Elle ſe diſſipa enfin dans l'eſpace d'une ſeconde, lorſque la cuillier ne fut échauffée qu'au point de faire bouillir la goutte de liqueur. Elle pouſſa une petite écume, & elle ſe diſſipa, ſans laiſſer le moindre ſédiment : mais il n'en fut pas ainſi ; la goutte de liqueur employa plus de tems à ſe diſſiper, & elle laiſſa une tache d'humidité plus grande ſur cette cuillier, à meſure qu'elle ſe refroidit au-deſſous du terme néceſſaire à l'ébullition de l'eau. D'où *Muſſenbroek* conclut très-judicieuſement que l'évaporation des gouttes d'eau reconnoît un *minimum*, quant à la durée du tems, pendant lequel elle s'opere ; & ce *minimum*, dit-il, ſe trouve, lorſque l'eau éprouve un degré de chaleur propre à la faire bouillir. Dans ce cas, elle ſe diſſipe, & elle s'évapore promptement & dans l'eſpace d'une ſeconde, tandis qu'elle employe plus de tems à ſubir cette évaporation, lorſque le corps ſur lequel on la jette, eſt plus chaud ou plus froid. Jettée

ſur un fer rougi au feu, l'évaporation exige l'eſpace de trente-quatre à trente-cinq ſecondes, & elle ne ſe fait qu'en trois cens minutes, lorſque le corps qui l'échauffe, n'a que quarante degrés de chaleur.

(494) Quoi qu'il en ſoit de la cauſe qui produit ces différences, & de quelque maniere que l'eau s'évapore, on peut, en contraignant cette vapeur, en la renfermant, ou mieux, en la retenant dans un eſpace donné, augmenter ſon degré de reſſort, ſa faculté expanſive, & lui faire produire des effets plus ou moins ſenſibles. Plus l'eſpace dans lequel elle ſera retenue, réſiſtera à ſon expanſion, & plus elle produira d'effet; & on en trouve la preuve dans les expériences ſuivantes.

Expérience qui démontre l'effet de la vapeur retenue.

De petites ampoules de verre remplies d'une liqueur quelconque, & telles que celles que nous avons indiquées (*Def. & uſ. d'un Cab. de Phyſ. t. 1, pl. XXIII, fig. 3.*), étant placées auprès de la flamme d'une chandelle, ou jettées à travers des charbons ardens, s'échauffent plus ou moins promptement. La liqueur qu'elles recelent, s'échauffe pareillement; l'intenſité de la chaleur augmente progreſſivement, & elle ſe réduit en

vapeurs. Ces vapeurs accumulées jusqu'à un certain point dans ces petites boules, & acquérant de nouveaux degrés d'expansion, à mesure qu'elles s'échauffent, brisent l'ampoule avec éclat, & se dissipent dans le voisinage. Cet effet est d'autant plus sensible, & l'explosion de l'ampoule est d'autant plus forte, qu'elle a résisté plus long-tems à l'action de la vapeur.

Autre *Expérience* qui prouve la même chose.

(495) L'expérience de l'éolipile prouve encore la même chose, & fait voir qu'une vapeur retenue agit avec plus ou moins d'activité sur les corps qui s'opposent à son passage.

L'éolipile.

Remplissez d'eau ou d'esprit-de-vin une éolipile de métal ou de verre, &, suivant le procédé que nous avons indiqué (*Desc. & us. d'un Cab. de Phys. t. 2.*), faites chauffer le vaisseau, au point de faire bouillir la liqueur, & de la réduire en vapeurs. Présentez alors la flamme d'une bougie, ou un charbon allumé, au bec de l'éolipile : les vapeurs sortant alors librement, & presqu'à proportion qu'elles s'engendrent, elles s'élanceront à une distance plus ou moins éloignée, sous la forme d'un cône, dont le sommet sera adhérent au bec de l'instrument. Elles produi-

Digitized by Google

ront, en ſortant, un petit ſifflement, ou un petit bruit ſemblable à celui du vent, & elles ſouffleront la lumiere, ou animeront le charbon qu'elles rencontreront ſur leur paſſage.

On s'eſt même ſervi de ce moyen, depuis quelques années, d'une maniere fort ingénieuſe, pour ſouffler la flamme d'une lampe d'Emailleur, & on eſt parvenu, par ce procédé, à donner aſſez d'activité à cette flamme, pour fondre de l'émail ou des tubes de verre à ſon foyer. C'eſt une machine très-ſimple, très-facile à imaginer, & dont un Amateur peut tirer un excellent parti.

La vapeur de l'éolipile échauffée à un plus haut degré, acquiert proportionnellement plus de force, & peut pouſſer la liqueur qui la produit à une diſtance plus ou moins éloignée : c'eſt même le principal effet auquel elle eſt deſtinée. Il faut pour cela diſpoſer le vaiſſeau, de maniere que la vapeur ſe raſſemble vers ſon fond ; mais il ne faut faire cette expérience, que lorſque la vapeur ſort avec la plus grande impétuoſité par le bec de l'inſtrument. On le tourne alors de façon que ce bec étant recouvert de la maſſe d'eau qui s'évapore, la vapeur qui eſt au-deſſus, faiſant effort pour s'échapper, pouſſe devant elle cette liqueur.

Digitized by Google

Si on se sert, pour cette expérience, d'une liqueur inflammable, il suffit de présenter au bec de l'instrument une bougie allumée : la vapeur s'enflamme en sortant, &, au lieu d'un jet d'eau, on voit un jet de feu plus ou moins étendu. Ce jet allumé est d'autant plus étendu, que la liqueur est plus inflammable & plus déphlegmée. On conçoit en effet que, si on se sert d'eau-de-vie ordinaire, ou d'eau-de-vie du commerce, qui est un composé d'une liqueur spiritueuse unie à une liqueur aqueuse, le jet lumineux sera beaucoup moins étendu; la seule partie spiritueuse, susceptible d'inflammation, prendra feu, & lorsqu'elle sera consommée dans une partie du chemin que la vapeur lui fera faire, la partie aqueuse non enflammée, arrivera à l'extrêmité de cet espace, de même que si on n'eût employé que de l'eau dans cette expérience.

(496) Si l'effort de la vapeur, produite dans une éolipile, paroît se porter entiérement sur la masse d'eau qui s'oppose à son passage, elle n'en agit pas moins, pour cela, contre le fond du vaisseau; & on peut s'en convaincre facilement par l'expérience suivante.

Expérience qui prouve

Ayez une espece de petite poire creuse

do

de métal, dont l'ouverture ait quatre à cinq lignes de diametre, & qui puiſſe ſe boucher avec un bouchon de liege : renfermez dans ce vaiſſeau une maſſe d'eau qui le rempliſſe juſqu'au quart ou environ de ſa capacité, & fermez-le exactement avec le bouchon, ſans le faire entrer à force. Etabliſſez cette éolipile ſur un bâtis fait en forme d'un petit charriot très-mobile, ſur trois roues, & au-deſſus d'une lampe à l'eſprit-de-vin, qui doit être établie vers le milieu de cet appareil, tel que nous l'avons repréſenté (*Deſcr. & uſ. d'un Cab. de Phyſ. t. 2, pl. XXIII, fig. 5*) : laiſſez les choſes dans cet état vers l'une des extrêmités d'une table que le petit charriot puiſſe parcourir librement. Lorſque l'eau renfermée dans l'éolipile, aura acquis aſſez de chaleur pour ſe réduire en vapeurs, & que ces vapeurs auront elles-mêmes acquis aſſez d'expanſion pour vaincre le frottement du bouchon, elles le pouſſeront au-dehors avec impétuoſité, & elles s'élanceront par l'ouverture. Mais ces vapeurs pouſſant devant elles la maſſe d'air avec plus de vîteſſe qu'elle ne peut céder, elles réagiront contre le fond de la poire, & on verra l'appareil rouler ſur

que la vapeur réagit contre le fond de l'éolipile.

Digitized by Google

la table, & ſe porter en arriere avec plus ou moins d'impétuoſité.

Cette expérience, faite pour démontrer de quelle maniere agit une vapeur qui s'élance avec impétuoſité par le bec d'une éolipile, démontre en même temps la cauſe qui fait reculer les armes à feu, & de quelle maniere une fuſée volante s'éleve à une hauteur plus ou moins conſidérable dans l'atmoſphere.

Recul des armes à feu.

(497) La poudre qui s'allume entre la culaſſe & la balle, ou le boulet, produit le même effet qu'un reſſort qui ſe développeroit. Or, ſi on ſe rappelle ici les loix de la communication du mouvement que nous avons expoſées précédemment, on verra facilement que l'action de ce reſſort, ſe développant contre deux maſſes bien différentes, doit produire conſéquemment des effets bien différens, quant à la vîteſſe qu'il leur communique. La balle, ou le boulet, doit donc recevoir une vîteſſe incomparablement plus grande que le mouſquet, ou le canon, ſurtout ſi on a égard aux obſtacles qui retiennent ces derniers, & qui les empêchent d'autant de céder à l'impulſion de la poudre.

De l'effet de

L'action de cette puiſſance eſt d'autant

Digitized by Google

plus énergique, l'inflammation de la poudre procure d'autant plus de vîteſſe à la balle, que la longueur du canon eſt mieux proportionnée à la charge de poudre qu'on emploie : c'eſt un principe univerſellement reconnu dans l'Artillerie. On ſait qu'une charge de poudre étant donnée, elle ne peut produire tout l'effet qu'on en doit attendre ; elle ne peut communiquer à la balle, ou au boulet, toute la vîteſſe poſſible, qu'autant qu'elle peut s'enflammer entiérement, tandis que cette balle, ou ce boulet, eſt ſoumis à ſon impulſion : le canon eſt-il trop court, la balle, ou le boulet, ſe trouve ſorti, avant que la totalité de la poudre ſoit enflammée, & il ne reçoit d'impulſion que de la quantité de poudre qui s'eſt enflammée pendant ſon ſéjour dans le canon. Quoique la durée du temps néceſſaire pour enflammer une maſſe donnée, ſoit très-peu ſenſible, on conçoit, par la vîteſſe avec laquelle une balle, par exemple, s'échappe d'un fuſil, qu'il peut très-bien ſe faire qu'elle ſoit déja hors de la piece avant que toute la poudre ſoit enflammée, & on conçoit de-là qu'il eſt inutile, pour augmenter l'effet de la balle, d'augmenter, au-delà d'une certaine proportion, la charge de poudre.

La poudre contre la balle, ou le boulet.

Digitized by Google

Si la piece, ou le canon eſt trop long, alors la poudre eſt entiérement enflammée avant que la balle ſoit à l'extrêmité du canon, & elle éprouve, dans l'ame de cette piece, un frottement qui détruit une partie de ſa vîteſſe, & conſéquemment de l'effet qu'elle doit produire.

C'eſt pour la premiere de ces deux raiſons, que les piſtolets ne portent point, à beaucoup près, auſſi loin que les fuſils, & l'Arquebuſier inſtruit, a toujours ſoin de donner un peu plus de longueur aux canons des fuſils, lorſqu'ils ſont deſtinés à porter très-loin. Ce n'eſt que par une ſuite d'expériences, faites en différens temps avec les mêmes ſuccès, qu'on eſt parvenu à établir une théorie certaine ſur la longueur des pieces à feu; mais cet objet, purement acceſſoire, nous éloigneroit trop du principal. Il faut conſulter, à cet égard, ceux qui ont écrit en particulier ſur l'Artillerie, & on trouvera d'excellentes choſes préſentées avec beaucoup d'ordre & de clarté, ſur cet objet, dans l'Artillerie de M. *Leblond*.

De la cauſe qui fait élever une fuſée volante.

(498) La fuſée qui s'éleve, doit pareillement cet effet à la réaction de la poudre contre le corps de cette fuſée. La partie in-

Digitized by Google

ſérieure de ſa charge étant allumée, fait effort pour s'élancer, & s'élance effectivement au-dehors. Elle frappe, en ſortant, avec une extrême rapidité, un volume d'air qui ne cede pas aſſez vîte à ſon impulſion. Il lui préſente donc un point d'appui qui la fait réagir contre le corps de la fuſée; & comme cette réaction ſe renouvelle continuellement par l'inflammation ſucceſſive de toutes les parties de la charge, le mouvement de la fuſée s'accélere, & parce que, réſidant dans le mobile même, il ajoute toujours à ſa vîteſſe, & parce que le poids ou la réſiſtance de ce mobile diminue, à proportion que la charge brûle & ſe conſume. Veut-on un effet plus marqué de l'expanſion d'une vapeur retenue dans une capacité donnée? La pompe à feu nous en fournit un exemple bien ſenſible.

La pompe à feu.

(499) M. *Papin* imagina d'appliquer la vapeur de l'eau bouillante contre les piſtons d'une pompe, & de les faire mouvoir par cette puiſſance. Cette machine extrêmement ingénieuſe & ſimple dans ſa conſtruction, fut d'abord, on ne peut mieux exécutée en Angleterre, & on en tira le plus grand parti. M. *Daleſme* en France, profita de l'idée de

Papin, & fit voir, en 1705, une machine qui faiſoit jaillir l'eau à une très-grande hauteur, par le moyen d'une vapeur retenue & fortement dilatée (1). Cette machine fut enſuite exécutée en grand, & elle ſert encore à deſſécher les mines de Condé en Flandres. On peut en voir la deſcription dans un excellent ouvrage de *Belidor* (2). L'Abbé *Nollet* frappé du génie de cette machine, en imagina une petite qui ne differe de celle de *Papin*, qu'en ce qu'elle n'a point de piſton. Quoiqu'incapable de produire tout l'effet qu'on peut attendre de celle de *Papin*, elle eſt on ne peut plus ingénieuſe, & elle fait voir, d'une maniere auſſi ſimple que curieuſe, l'effet de la vapeur pour pouſſer avec véhémence l'eau à une aſſez grande hauteur (3). C'eſt cette machine que nous avons décrite, telle que l'Abbé *Nollet* l'a imaginée, dans notre ouvrage intitulé : (*Deſc. & uſ. d'un Cab. de Phyſ. t. 2, pl. XXIII, fig. 7*). Elle eſt compoſée d'un réſervoir qu'on remplit d'eau, & dans laquelle plongé

(1) Hiſt. de l'Acad. Roy. des Scien. an. 1705.
(2) Belidor, Architecture hydraulique.
(3) Nollet, Leçons de Phyſ. t. 4.

Digitized by Google

le bec d'une pompe cylindrique, établie au-deſſus de ce réſervoir. Le bec de cette pompe eſt muni d'une ſoupape ou d'un clapet qui permet à l'eau du réſervoir de s'élever dans la pompe, mais non de deſcendre de cette derniere capacité dans le réſervoir. On commence d'abord par remplir d'eau la pompe, & on la remplit juſqu'aux trois quarts, ou environ, de ſa capacité.

A cette pompe communiquent deux canaux; l'un, adapté au bas de la pompe, & deſtiné à porter l'eau à une hauteur donnée; le ſecond communique avec une marmite, dans laquelle on fait bouillir de l'eau. Cette ſeconde communication s'ouvre ou ſe ferme à volonté par le moyen d'un robinet.

D'après ce ſimple expoſé, on conçoit facilement le jeu de la machine. Le robinet qui établit une communication entre la pompe & la marmite, étant fermé, on laiſſe bouillir l'eau de ce dernier vaiſſeau, juſqu'à ce que les vapeurs s'y ſoient fortement accumulées, & y aient acquis un très-grand degré d'expanſion. On ouvre alors le robinet; les vapeurs ſe portent avec impétuoſité dans la pompe, & pouſſent devant elles la maſſe d'eau qu'elles y rencontrent. Celle-ci cédant à

Digitized by Google

la preſſion qu'elle éprouve, fuit du côté où la réſiſtance eſt moindre ; elle s'éleve & ſe dégorge par le premier canal. La pompe en partie vuide d'eau, ſe trouve alors remplie de vapeurs. On tourne le robinet, de maniere qu'il laiſſe rentrer dans la pompe quelques gouttes d'eau élevées dans le canal déférant. Cette eau refroidit & condenſe les vapeurs ; il ſe fait donc un vuide dans l'intérieur de la pompe. On referme alors le robinet, & l'air extérieur porte par ſa prépondérance une nouvelle maſſe d'eau dans l'intérieur de cette pompe. Lorſque les vapeurs ſe ſont encore ſuffiſamment raſſemblées dans la marmite, on pouſſe au-dehors cette nouvelle maſſe d'eau, par le même méchaniſme que nous venons d'indiquer.

Le digeſteur de *Papin* eſt encore une expérience du même genre ; mais elle produit un effet dont l'intenſité eſt plus marquée, parce que la vapeur acquiert dans cette machine un plus grand degré d'expanſion.

La marmite de Papin.

(500) Ce digeſteur eſt une eſpece de marmite de métal fort ſolide ; auſſi lui donne-t-on plus communément le nom de *marmite de Papin*, dans laquelle on renferme les os les plus compactes, & qu'on ferme

Digitized by Google

avec toute l'exactitude poſſible, avec une vis de preſſion, après l'avoir remplie d'eau. (*Deſc. & uſ. d'un Cab. de Phyſ. t. 2, plan. XXIII, fig. 6*). Expoſée à l'action d'un feu très-actif, l'eau qu'elle contient, ſe convertit en vapeurs, & ces vapeurs fortement retenues dans le vaiſſeau, dont elles ne peuvent s'échapper, pénetrent les os, en extraient la partie gélatineuſe, & les amolliſſent au point de les rendre friables. Lorſque l'expérience eſt faite, on refroidit le vaiſſeau, en le plongeant bruſquement dans l'eau : on l'ouvre, & on retrouve dedans l'eau chargée des ſucs gélatineux des os; ce qui pourroit être de quelque ſecours en pluſieurs circonſtances. J'ai oui dire, il y a quelques années, qu'un Curé de Rouen avoit mis en pratique cette méthode, pour fournir du bouillon aux Pauvres de ſa Paroiſſe.

Dans ce cas, il faut avoir ſoin que le vaiſſeau ſoit bien étamé, s'il eſt de cuivre, & encore ſeroit-il beaucoup mieux qu'il fût de fonte; & il faut ſaler convenablement l'eau, pour donner au bouillon un goût agréable.

(501) Nous n'avons parlé juſqu'à préſent que des vapeurs excitées par l'effet d'un feu

L'eau ſe convertit naturellement en vapeurs.

Digitized by Google

artificiel qu'on applique à l'eau, c'eſt-à-dire, par l'action d'un feu produit par les mains de l'art : mais l'eau expoſée à la ſeule température de l'air, s'évapore également, quoique d'une maniere incomparablement moins ſenſible, & c'eſt à cette évaporation naturelle que nous devons tous les météores aqueux, dont nous aurons occaſion de parler ailleurs.

Celle des rivieres s'évapore moins que celle des lacs & des marais.

L'eau courante des rivieres s'évapore beaucoup moins que l'eau dormante des lacs & des marais; & le Baron de *Verulam* eſt le premier qui ait fait attention à ce phénomene, dont la raiſon ſe préſente naturellement à l'eſprit. On conçoit effectivement que la ſurface d'une eau dormante, telle que celle des marais & des lacs, eſt plus expoſée à l'action du ſoleil, & conſéquemment plus échauffée que la ſurface d'une eau coulante. A peine les parties d'une eau de cette eſpece ſont-elles expoſées à la ſurface, qu'elles ſont auſſi-tôt précipitées vers le fond, & conſéquemment ſouſtraites à l'action du ſoleil. Ajoutez à cette raiſon, que l'eau des rivieres coule ſur une eſpece de plan incliné; ce qui diminue encore de l'effort de la puiſſance qui tend à l'élever

Digitized by Google

en vapeurs. Si nous faisons dépendre ici la différence de l'évaporation naturelle des eaux, de la maniere selon laquelle l'action du soleil se porte sur elles, nous ne prétendons pas pour cela regarder cette action comme la seule cause qui produise ce phénomene. Il est à présumer que plusieurs causes doivent y concourir, ne fût-ce que l'électricité générale du globe, dont les états fréquemment variés, doivent nécessairement produire des forces plus ou moins fortement répulsives entre les molécules des fluides ; mais ce n'est point en ce moment, où il conviendroit de développer cette théorie. Il nous suffit d'avoir exposé la principale cause, la cause la plus générale de l'évaporation, & d'avoir fait observer les circonstances plus ou moins favorables à son action.

Idée de la quantité de vapeurs qui s'élevent des eaux.

(502) Il n'est guere possible de réduire à un calcul bien exact, la quantité de vapeurs qui s'élevent des eaux, soit courantes, soit stagnantes : cependant le Docteur *Halley* s'y prit d'une maniere assez ingénieuse pour y arriver (1); & il résulte de ses opérations, que les vapeurs qui s'élevent de la mer, &

(1) Halley, Transf. philos. n. 189.

Digitized by Google

particuliérement de la Méditerranée, surpaſſent conſidérablement la quantité d'eau de toutes les rivieres qui s'y déchargent. Ce célebre Phyſicien donne à la ſurface de la Méditerranée cent ſoixante degrés quarrés, qui font 11040 milles d'Angleterre. La quantité de vapeurs que produit la chaleur de l'été en vingt-quatre heures, monte, ſuivant lui, à cinq mille deux cent quatre-vingt millions de tonneaux, tandis que tous les fleuves qui ſe déchargent dans la Méditerranée, n'y apportent que mille huit cent vingt-ſept millions de tonneaux d'eau; ce qui ne fait qu'un peu plus du tiers de l'évaporation journaliere. Comment ſe fait-il donc que cette mer ne s'épuiſe pas? La pluie qui y tombe, peut-elle ſuppléer à la diſette qu'elle éprouve? C'eſt une queſtion qui ſeroit très-curieuſe à traiter, ſi on convenoit unanimement de la certitude du calcul de M. *Halley*.

Si on ajoute à la quantité de vapeurs élevées des eaux qui couvrent la ſurface de notre globe, toutes celles que peut fournir la tranſpiration des animaux & des végétaux, ce qui produit encore une quantité inconcevable de vapeurs, on en concluera que l'atmoſphere eſt continuellement im-

Digitized by Google

pregnée de parties aqueuſes qui échappent, par leur ténuité, à la foibleſſe de notre vue, mais qui influent, malgré cela, plus ou moins ſur les corps que l'air touche & pénetre. Veut-on s'aſſurer que l'air contient, en tout temps, une très-grande quantité de parties aqueuſes? voici deux expériences très-ſimples & très-faciles à faire.

Expérience qui démontre les vapeurs répandues dans l'air.

Dans le temps le plus chaud & le plus ſec de l'été, expoſez à l'air un morceau de glace, récemment tiré de la glaciere; vous appercevrez d'abord une eſpece de fumée qui l'environnera: approchez-le à quelque diſtance de votre main, & vous obſerverez encore plus ſenſiblement cette vapeur, ou cette fumée s'élever entre l'un & l'autre. Que conclure de cette expérience, ſinon que l'eau qui n'étoit point viſible auparavant, parce qu'elle étoit également diſperſée dans l'air, le devient dès qu'elle eſt réunie par le froid (1)?

Autre Expérience qui prouve la même choſe.

Une ſeconde expérience également facile à faire, c'eſt de mettre de l'eau dans un verre, dans un temps fort ſec & fort chaud, temps pendant lequel on pourroit ſoupçon-

(1) Boerhaave, Cours de Chymie, t. IV.

Digitized by Google

ner que l'atmoſphere fût dépouillée d'humidité. Ce verre reſtera encore ſec au dehors. Jettez alors dans cette eau le tiers de ſon poids de ſel ammoniac bien ſec & bien pulvériſé, & vous verrez auſſi-tôt la ſurface extérieure du verre couverte d'une roſée aqueuſe, & qui formera en peu de temps des gouttes qui couleront de tous côtés. On ne peut donc douter que l'air ne ſoit continuellement impregné d'une quantité prodigieuſe de petites molécules aqueuſes. Or, la facilité avec laquelle les molécules de l'eau pénetrent la plus grande partie des corps, & particuliérement les fibres animales & végétales, doit néceſſairement influer ſur la conſtitution de l'air, & le rendre plus ou moins ſalubre. On ſait, en effet, que l'eau douce réduite en vapeurs, excite la corruption des ſubſtances animales & végétales qui ſe trouvent expoſées pendant trop long-temps à leur action. Auſſi tous les Médecins ſont-ils d'accord en cela, & conviennent-ils tous qu'un air humide & chaud eſt un air peſtilentiel.

Inſalubrité de l'air occaſionnée par une trop grande quantité de vapeurs.

N'a-t-on pas vu de nos jours périr une multitude innombrable d'Européens, qui furent habiter les premiers en Amérique?

Digitized by Google

Ils y furent attaqués d'une fievre putride épidémique qui diſſolvoit le corps en peu de temps ; & n'a-t-on pas vu cette maladie cauſer de plus grands ravages parmi ceux qui s'étoient particuliérement établis dans des pays couverts de bois, où les vapeurs s'élevoient encore plus abondamment que partout ailleurs ? N'a-t-on pas vu quelque temps après, ce même pays devenir habitable, & l'air qu'on y reſpiroit, ſalubre, après qu'on eût abattu la plus grande partie des forêts dont il étoit couvert (1) ? Ce ſeroit bien ici qu'il conviendroit de faire encore quantité d'obſervations intéreſſantes ſur les effets des vapeurs ; mais nous ne pouvons nous permettre des digreſſions plus étendues dans un Ouvrage tel que le notre, & nous abandonnons ces obſervations à ceux qui voudront méditer ſur cette importante matiere.

(1) Redi, Traité de la ſalubr. de l'air de Veniſe.

ARTICLE TROISIEME.

De l'eau conſidérée dans l'état de glace.

(503) L'eau expoſée à un certain degré de froid, perd ſa liquidité, & ſe convertit en une maſſe plus ou moins ſolide, qu'on appelle *glace*. Cette opération préſente pluſieurs phénomenes que le Phyſicien doit ſuivre avec attention.

Phénomenes de l'eau qui ſe glace.

L'eau commence à ſe geler par des filets de glace qui ſe font voir à ſa ſuperficie. Ces filets touchent, pour l'ordinaire, par un de leurs bouts, les parois du vaſe. Ils ſont preſque tous différemment inclinés ſur ces parois, & ils forment avec elles des angles plus ou moins ouverts, mais rarement des angles droits. Il ſe joint enſuite de nouveaux filets à ces premiers, qui leur ſont différemment inclinés, & ainſi de ſuite, juſqu'à ce qu'il en réſulte un premier tiſſu de glace, qui devient toujours plus épais, à proportion que le froid continue, ou qu'il augmente.

Ces filets ſe préſentent ſous différentes formes. La plus ordinaire cependant, eſt celle

Digitized by Google

celle de feuilles d'arbres, ou de différentes parties de ces feuilles.

A proportion que l'eau approche de la congélation, il ſe fait, dans ſon intérieur, une eſpece de bouillonnement, à l'occaſion des molécules d'air qui en ſortent, ou qui ſe détachent d'entre les interſtices de l'eau. Cet air diviſé, ſe raſſemble ſous la forme de bulles, plus ou moins groſſes, vers le centre & vers l'axe du vaiſſeau, que vers les bords & vers la ſuperficie de la glace; mais elles ſont en plus grand nombre vers le fond & vers les parties inférieures, d'où elles ſemblent quelquefois partir, & y tenir par une queue, qui repréſente aſſez bien une larme, dont la tête eſt tournée vers l'axe.

Dans un vaſe profond & étroit, le milieu de la ſuperficie de la glace eſt ordinairement plus élevé que les bords, parce que l'air qui s'amaſſe vers l'axe & vers le fond, s'y trouve en ſi grande quantité, qu'il a la force, non-ſeulement de remonter, mais encore de rompre ſouvent la premiere couche de glace qui s'étoit formée ſur l'eau.

Tels ſont les phénomenes qu'on remarque tranquillement, lorſque la température de l'air n'eſt pas fortement altérée. Mais ſi le

Digitized by Google

froid augmente, & qu'il survienne tout-à-coup, à peine a-t-on le temps de s'apercevoir de tous ces changemens. Ils se succedent rapidement les uns aux autres : les bulles d'air sont disséminées dans toute la masse, & le vaisseau se casse assez souvent par l'expansion de la glace. La force avec laquelle elle se dilate, est telle, qu'un volume d'eau qui remplit un globe, dont la cavité auroit un pouce de diametre, se dilate, par sa congelation, au point de contrebalancer un poids de vingt-sept mille sept cent quatre-vingt livres (1). On ne doit donc pas être surpris de l'effet que M. *Huyghens* rapporte (2). En 1667, l'hiver fut très-violent, & il saisit ce temps pour faire l'expérience que voici. Il remplit d'eau le canon d'un mousquet : il fit souder l'un des deux bouts, & il ferma l'autre avec une vis très-serrée ; & pour ne laisser aucune issue à l'air, il versa par-dessus cette vis du plomb fondu. Il exposa cet appareil, pendant la nuit, sur une des fenêtres de son appartement, tandis qu'il geloit bien fort. Vers les sept heures du

Expansion de la glace.

(1) Musschenbroek, Dissert. phys. géomett.

(2) Duhamel, Hist. Acad. Reg. lib. 1, sect. 2, cap. 1.

Digitized by Google

matin, le canon creva avec explosion, & on vit dans l'endroit où ce canon étoit moins épais, une fente de quatre pouces de longueur, à travers laquelle la glace sortit, parsemée vers son milieu de plusieurs petites bulles. M. *Buot* répéta, quelques années après, la même expérience, & elle eut le même succès. La glace produit tous les ans des effets de cette nature, & auxquels on ne fait pas toute l'attention qu'ils méritent. Ne voyons-nous pas souvent, dans les temps où la gelée saisit la terre, lorsqu'elle est humide, que la glace souleve les seuils des portes, les murs & les maisons mêmes? Ne savons-nous pas que les aqueducs exposés à la gelée, sont plus souvent dégradés, & sujets à de plus grandes réparations? Na-t-on pas observé plus d'une fois, que si on emploie, dans la construction d'une maison, des solives qui soient encore vertes & humides, & qu'elles soient exposées à la gelée, ces solives se fendent & éclatent avec bruit? Transportons-nous dans la Laponie (1) & dans l'Amérique septentrionale (2), & nous y obser-

(1) Outhier, Voyage au Nord, pag. 222.
(2) Ellis, Voyage à la baie d'Hudson.

Digitized by Google

verons que la gelée faiſiſſant les arbres, les fait fendre, & leur fait produire, par leur rupture, des exploſions ſemblables à celles d'une bouche à feu.

Dans quelqu'état qu'on conſidere l'eau, c'eſt toujours une forte puiſſance méchanique.

Ce n'eſt donc pas ſans raiſon qu'on peut aſſurer que l'eau, conſidérée comme puiſſance méchanique, ne le cede à aucune autre puiſſance, dans quelqu'état qu'on la conſidere. Eſt-elle ſimplement liquide, elle humecte, elle pénetre, & elle gonfle avec force les fibres deſſéchées des végétaux. C'eſt même un moyen très-ſimple & très-ingénieux, dont on s'eſt ſervi pour détacher des maſſes énormes de pierre, telles que des meules de moulin. Le Carrier les ſcie tout au tour, & lorſqu'il n'y a plus que le noyau à rompre pour détacher la meule de la carriere, il fait entrer, d'eſpace en eſpace, dans le chemin que la ſcie s'eſt tracé, des coins de bois tendre & ſec. Il arroſe enſuite ces coins: l'eau qui les pénetre, écarte les fibres ligneuſes les unes des autres, & l'expanſion qu'elle leur procure, ſuffit pour vaincre la force avec laquelle la meule tient à la carriere. Eſt-elle réduite en vapeurs, on ſait, par les expériences que nous avons rapportées ci-deſſus, & particuliérement par le digeſteur

Digitized by Google

de *Papin*, qu'elle produit des effets, dont l'intenſité eſt preſque inappréciable. Eſt-elle enfin convertie en glace, on voit par l'expérience de M. *Huyghens*, & par les autres obſervations que nous avons rapportées, qu'elle ne le cede encore en rien, quant à ſa force, à celle qu'elle peut exercer dans les deux autres états auxquels il eſt facile de la ramener.

(504) De quelque maniere que la glace ſe forme, ſoit qu'elle ſe produiſe ſubitement par un froid exceſſif, ſoit qu'elle ne s'engendre que lentement, à raiſon d'un moindre froid qui perſévere, on remarque conſtamment que la glace eſt ſpécifiquement moins peſante que l'eau. Sa peſanteur ſpécifique, comparée à celle de l'eau, eſt communément dans le rapport de 8 à 9. Peſanteur ſpécifique de la glace.

Expoſée au grand air, & même pendant le temps de la plus forte gelée, la glace s'évapore continuellement; & c'eſt un fait qui n'avoit point échappé aux obſervations des plus anciens Naturaliſtes. *Pline* rapporte, à ce ſujet (1), qu'un cube de glace, du poids de quatre onces, expoſé à l'air, tandis qu'il Evaporation de la glace.

(1) Pline, Hiſt. Nat. lib. 31, cap. 3.

geloit encore, perdit, en vingt-quatre heures, trois grains de ſon poids. *Perrault* (1), *Krafft* (2), & tous ceux qui ont étudié les phénomenes de la congelation, atteſtent la vérité de ce fait. Non-ſeulement elle s'évapore, mais elle augmente encore de volume, & les bulles d'air qui s'y trouvent diſſéminées, augmentent tellement de dimenſions, qu'une bulle qui ne paroiſſoit pas avoir plus d'une ou deux lignes de diametre, paroît, quelques jours après, ſous un volume quadruple.

Glace formée avec de l'eau purgée d'air.

(505) La glace formée avec de l'eau purgée d'air, fait obſerver les mêmes phénomenes, à l'exception que ſa maſſe n'eſt point interrompue par cette multitude de petites bulles d'air qui ſe trouvent dans celle qui provient de la congélation de l'eau non purgée d'air. Elle forme un tiſſu plus homogene, & ſouvent même plus tranſparent: mais elle eſt également ſpécifiquement moins peſante que l'eau, malgré l'autorité de *Homberg*, qui prétendoit le contraire, & être parvenu, en purgeant d'air l'eau qu'il faiſoit

(1) Perrault, Hiſt. de l'Acad. des Scien.

(2) Krafft, de vaporum origine, §. 17.

Digitized by Google

congeler, à produire de la glace auſſi peſante que l'eau (1). A la vérité, la peſanteur ſpécifique de cette eſpece de glace eſt dans un rapport plus rapproché de celle de l'eau, que n'eſt celle de la glace ordinaire, comparée à la peſanteur ſpécifique de la même eau. Nous avons, en effet, obſervé ci-deſſus (504), que la peſanteur ſpécifique de la glace ordinaire, comparée à celle de l'eau, étoit dans le rapport de 8 à 9, celle de la glace purgée d'air, comparée également à la même eau, eſt dans le rapport de 21 à 22. Elle differe donc moins, à la vérité, de la peſanteur ſpécifique de l'eau qui la produit, mais toujours eſt-elle plus légere, & conſéquemment ſurnage-t-elle comme la glace ordinaire. Auſſi n'a-t-on jamais pu parvenir à obtenir le même réſultat que *Homberg*, & à former de la glace, dont la peſanteur ſpécifique fût égale à celle de l'eau.

(506) La force de la glace ſe déduit de la réſiſtance qu'elle oppoſe à ſa rupture, & cette force n'eſt jamais plus grande, que lorſque la glace eſt plus compacte. Les glaces d'Iſlande, ordinairement très-compactes, ré- Force de la glace.

(1) Homberg, Mém. de l'Acad. des Scien. an. 1693.

fiſtent auſſi davantage à leur rupture. Elle devient quelquefois ſi ſolide, & elle réſiſte ſi fortement, que pendant l'hyver de 1740, où le froid ſurpaſſa, en Ruſſie, celui de 1709, on conſtruiſit à Pétersbourg un Palais de glace, de cinquante-deux pieds & demi de longueur ſur ſeize & demi de largeur, & vingt de hauteur, ſans que le poids des parties ſupérieures & du comble qui étoient également de glace, endommageât l'édifice. Ses murs avoient deux & trois pieds d'épaiſſeur. Les blocs de glace, dont on s'étoit ſervi, avoient été taillés avec ſoin, embellis d'ornemens; & poſés enſuite ſelon les regles de la plus élégante architecture. Il y avoit au-devant du bâtiment ſix canons de glace, faits ſur le tour, avec leurs affûts & leurs roues pareillement de glace, & deux mortiers à bombes, dans les mêmes proportions que ceux que nous faiſons de fonte. Les canons étoient de ſix livres de balles; on ne les chargeoit que d'un quarteron de poudre; après quoi, on y faiſoit couler un boulet d'étoupes, quelquefois de fer & de fonte. L'épreuve en fut faite un jour en préſence de toute la Cour. Le boulet perça une planche de deux pouces d'épaiſſeur, à ſoixante pas de diſ-

Digitized by Google

tance (1). *Olaus Magnus* parle des murailles de glace & de pluſieurs autres ouvrages de défenſe, qu'on peut ſe procurer en temps d'hyver contre les aſſiégeans, comme d'une pratique uſitée chez les peuples ſeptentrionaux (2). Le même Auteur, d'accord avec *Homberg*, nous apprend qu'en Suede & en Danemarck, une glace de deux doigts d'épaiſſeur, peut porter un homme : celle de trois doigts, un Cavalier armé : celle de quatre à cinq pouces, une troupe : enfin, celle de dix à douze pouces, une armée entiere. En 1683, la glace de la Tamiſe n'avoit que onze pouces d'épaiſſeur : on alloit néanmoins en carroſſe deſſus (3).

Il faut cependant prendre quelques précautions pour faire ces ſortes d'épreuves. Il faut que la glace ait une très-grande étendue, & n'ait aucune félure. Il eſt, en effet, démontré qu'au défaut de cette condition, une glace capable de porter une armée, ne pourroit porter cent hommes, peſant chacun cent ſoixante livres.

(1) Deſcr. de ce Palais, par Graaf, traduit par M. Leroy, 1741.

(2) Hiſt. de Gent. ſepten. l. 11; c. 25.

(3) Hiſt. de l'Acad. Roy. des Scien. an. 1709.

Observations sur la température de la glace.

(507) *Gmelin* a consigné dans les Mémoires de l'Académie de Pétersbourg, nombre d'observations importantes sur la température de la glace (1). *Muſſenbroek*, bien persuadé de leur exactitude & de leur vérité, les a recueillies avec soin (2). Ce sera d'après ce dernier que nous les exposerons ici.

1°. Il arrive souvent, dit-il, que le froid de la glace augmente ou diminue, lorsque la température de l'air devient plus froide ou moins froide; mais il arrive rarement que le froid que la glace acquiert, soit en même raison que celui qui survient à l'atmosphere: il est encore plus rare que le froid de la glace surpasse celui de l'atmosphere. Pour l'ordinaire, la glace est moins froide que l'air de l'atmosphere; ce qui vient de ce que la matiere ignée s'échappe plus aisément & plus promptement de l'air que de la glace. Il arrive, pour l'ordinaire, que le froid de la glace diminue, lorsque le froid est moins âpre dans l'atmosphere; car, lorsque l'atmosphere s'échauffe, il faut, de toute nécessité, qu'il passe une plus grande quantité

(1) Comm. petropo. t. 10.

(2) Muſſenbroek, Cours de Phyſ. t. 2.

Digitized by Google

de feu dans la glace, quoiqu'il en passe rarement en même quantité qu'il en survient à l'atmosphere; & cela, continue *Musſenbroek*, parce que la matiere ignée se fait plus aisément jour, & plus promptement dans l'air que dans la glace.

2°. Il arrive quelquefois que le froid de la glace n'augmente pas, quoique celui de l'atmosphere devienne plus piquant. Quelquefois, en effet, la matiere ignée s'échappe subitement de l'atmosphere, tandis qu'elle ne peut pas s'échapper aussi promptement de la glace; & c'est pour cela que cette derniere conserve sa température. Il arrive aussi, dans cette même circonstance, que le froid de la glace diminue. Cela pourroit-il venir, dit notre célebre Physicien, de ce que la matiere du feu qui réside dans l'eau qui est sous la glace, ou de ce que le feu qui est au fond, tendant à se mettre en équilibre, s'éleve, passe à travers la glace, pour s'élancer ensuite dans l'air, & communique, en passant, plus de chaleur à la glace qu'il traverse?

3°. Il arrive aussi que le froid de la glace augmente, ou qu'il demeure le même, lorsque la température de l'air s'échauffe.

Digitized by Google

4°. On remarque encore que le froid augmente dans la glace, quelquefois qu'il diminue, lorſque la température de l'air reſte la même.

5°. Quelquefois auſſi la température de l'air & celle de la glace demeurent la même, quoique la température de l'un ſoit différente de celle de l'autre.

6°. Mais, de même que le froid ſaiſit plus lentement la glace que l'air, il l'abandonne auſſi plus lentement.

7°. Les viciſſitudes qu'on remarque dans les degrés de chaleur & de froid, relativement à l'air & à la glace, ſont continuelles. Elles dépendent de la préſence du ſoleil, de la nuit, des vents qui ſoufflent de différens endroits, & des exhalaiſons de la terre.

De la cauſe de la congélation.

(508) Les phénomenes de la glace bien connus, il reſte à connoître la cauſe qui les produit, & qui détermine l'eau à paſſer de l'état de liquidité à un état concret. Or, à cet égard, les ſentimens ſont partagés parmi les Phyſiciens, & nous ne rapporterons ici que les opinions qui paroiſſent les mieux fondées, & telles que nous les avons déjà expoſées dans nos *Leçons de Phyſique, imprimées en 1767*. On peut ranger ſous deux

Deux opi-

claſſes générales toutes les hypotheſes imaginées juſqu'à ce jour, pour rendre raiſon de la congélation. Les uns regardent la glace comme une liqueur condenſée ; les autres l'ont regardée comme une liqueur raréfiée. nions principales ſur cet objet.

(509) Ceux qui regardent la glace comme une liqueur condenſée, font dépendre cette condenſation du rapprochement des parties de l'eau, occaſionné par la privation d'une matiere naturellement interpoſée entre ſes molécules, & c'eſt en ce principe général que s'accordent les différentes hypotheſes de ce genre. Mais quelle eſt cette matiere naturellement interpoſée entre les molécules de l'eau ? C'eſt ce qui donne lieu au ſchiſme qui diviſe les partiſans de cette premiere opinion. *Deſcartes* prétend que c'eſt la matiere de ſon ſecond élément (1). *Rohault* (2), *Regis* (3), *Duhamel* (4), & pluſieurs autres, ſoutiennent que c'eſt la matiere ſubtile. *Perrault* (5) ſoutient que les corps ſont liquides, Opinions de la premiere claſſe.

(1) Deſcartes, princi. de phil. part. 2.
(2) Phyſ. t. 1, c. 22.
(3) Cours de Philoſ. t. 2, pag. 119.
(4) De meteoris & foſſilibus, l. 1, c. 3.
(5) Œuvres de Phyſ. & de Méchan. t. 1.

Digitized by Google

par l'interpoſition de certaines parties volatiles, qu'il appelle *corpuſcules communs*; que ces corpuſcules coulent & paſſent à travers les corps. Ce flux vient-il à ceſſer, ces corps paſſent alors de l'état de liquidité, à celui de ſolide. *Boerrhaave* (1) veut que l'eau ne ſoit jamais ſans feu, & qu'elle en contienne même une grande quantité. Si la quantité de ce feu diminue, au point que le thermometre plongé dans cette eau, n'y ſoit plus qu'au trente-deuxieme degré, échelle de *Fareinheit*, alors l'eau ceſſe d'être liquide, & elle ſe convertit en glace. Ce célebre Phyſicien prétend même que l'eau, dans ſon état naturel, eſt une eſpece de verre, que le trente-troiſieme degré de chaleur fait fondre. *Hartſoeker* eſt auſſi de cet avis; mais *Sgraveſande* ajoute encore quelque choſe à cette idée. Cet habile Phyſicien n'imagine pas que la ſeule privation de la matiere ignée ſuffiſe pour former de la glace. Il a recours à une cauſe concomitante, à l'attraction (2). L'eau, dit-il, eſt une glace fondue. Cette eau eſt-elle privée du feu qui

(1) Chym. t. 4.
(2) Elémens de Phyſ. t. 2, l. 4, c. IV.

Digitized by Google

la dilatoit ; ſes parties s'attirent, ſe réuniſſent, & elles forment de la glace. Cette glace eſt-elle pénétrée par le feu ; ſes particules acquierent une force répulſive ; elles s'éloignent les unes des autres ; elles ſe meuvent, & elles forment un fluide.

De toutes ces opinions, celle de *Boerrhaave* eſt devenue l'opinion dominante de l'Ecole. C'eſt celle auſſi que nous mettrons dans tout ſon jour, &, pour la mieux développer, nous aurons recours à une congelation artificielle, dont les phénomenes parfaitement analogues à ceux d'une congelation naturelle, nous fourniront les moyens de la préſenter d'une maniere plus préciſe.

(509) On ne peut former artificiellement de la glace, qu'en produiſant un froid plus grand que celui de la glace même, & ce froid ſe produit, en mêlant enſemble de la glace pilée, ou de la neige avec du ſel. Ce mêlange ne produit même cet effet que par la fuſion. Plus cette fuſion eſt prompte, & plus l'effet qui doit en réſulter, ſe manifeſte promptement. Congelations artificielles.

Si on mêle donc du ſel avec de la glace pilée, ces deux corps ſe fondront : premier phénomene. Premier phénomene.

Second phénomene. Si on plonge un thermometre dans ce mêlange, on le trouvera plus froid que chacune des parties qui concourent à ſa combinaiſon : ſecond phénomene.

Troiſieme phénomene. Si on plonge dans ce mêlange un verre rempli d'eau, cette eau ſe glacera : troiſieme phénomene.

Quatrieme phénomene. Si on met du ſel dans cette eau, elle deviendra plus froide, & néanmoins elle ne ſera pas ſi propre à ſe glacer : quatrieme phénomene.

Développement de ces phénomenes. (510) Les deux premiers phénomenes que nous venons d'expoſer, méritent toute l'attention du Phyſicien. Du ſel & de la glace pilée mêlés enſemble, ſe fondent, & leur mêlange néanmoins eſt plus froid que chacune des ſubſtances qui entrent dans ce mêlange. On ne peut donc pas dire, dans cette occaſion, que la fuſion de la glace ſoit occaſionnée par la ſurabondance de la matiere ignée ; cette expérience au contraire indique une plus grande diſſipation de matiere ignée. Voici de quelle maniere M. *de Mairan* explique ce phénomene, qui paroît, au premier aſpect, contredire l'opinion dont il eſt ici queſtion (1).

(1) Diſſert. ſur la glace, part. 3, p. 356.

Les

Digitized by Google

Les molécules de sel qu'on mêle avec de la glace pilée, font l'office de petits coins : elles écartent les parties de l'eau qui s'étoient rapprochées, & si elles ne peuvent pénétrer d'abord entre ces parties, elles en détruisent la contiguité. L'action de ces petits coins est donc proportionnelle à celle d'une plus grande chaleur, & ils font, en un moment, ce qu'une chaleur de dix degrés, échelle de *Réaumur*, ne peut faire que dans un temps plus considérable.

Le troisieme phénomene nous apprend que ce mêlange, plus froid que de la glace, est propre à congeler de l'eau contenue dans un vase mince, qui seroit plongé dans ce mêlange. Or, voici comment on explique ce phénomene dans l'hypothese de *Boerrhaave*.

C'est une vérité reçue universellement, que le feu, & conséquemment la chaleur qui résulte de sa présence, se met en équilibre dans tous les corps contigus. Ainsi un corps plus chaud que celui qui l'avoisine, perd quelques degrés de sa chaleur, & le plus froid en acquiert, jusqu'à ce qu'ils soient parvenus l'un & l'autre à la même température.

Digitized by Google

C'eſt ainſi que nous nous rafraîchiſſons ; lorſque nous entrons dans un endroit frais Une partie de notre chaleur paſſe dans la maſſe d'air qui nous enveloppe ; de celle-c dans celle qui l'avoiſine, & nous communiquons ainſi un certain degré de chaleur à tout le fluide ambiant, tant aux dépens de celle que nous avions, lorſque nous ſommes entrés dans ce fluide, qu'au détriment de celle que nous engendrons.

Cela poſé, lorſqu'on plonge un vaſe mince rempli d'eau, dans un mêlange de glace & de ſel, les parties ignées étant en moindre quantité dans ce mêlange, que dans l'eau qui eſt encore liquide, une partie des molécules ignées abandonne le liquide, pour ſe diſtribuer également, & dans l'eau du vaſe, & dans le mêlange qui l'enveloppe. L'eau de ce vaſe perd donc, par ce moyen, une certaine quantité du feu qu'elle contenoit, & conſéquemment une partie de cette ſubſtance étrangere interpoſée entre ſes molécules, & qui les tenoit ſéparées les unes des autres. Ces molécules cedent donc alors à la force qui tend à les unir ; elles s'approchent les unes des autres ; elles ſe réuniſſent, & elles forment un corps ſolide ; en un mot, elles ſe convertiſſent en glace.

Digitized by Google

(511) Cette explication sur la formation de la glace artificielle, s'applique très-bien à la production de la glace naturelle, & voici comment l'Abbé *Nollet*, l'un des partisans de cette opinion, s'explique à ce sujet (1). Application de cette explication à la glace naturelle.

Lorsqu'il gele dans l'air, dit ce célebre Physicien, la matiere du feu y est plus rare, ou moins en mouvement que dans l'eau qui est encore liquide : une partie de celle de l'eau passe donc alors dans l'air, jusqu'à ce qu'il y ait équilibre entre la matiere ignée de l'eau & celle qui se trouve dans l'air. Or, ce qu'il en reste alors dans l'eau, ne suffit pas pour retenir la mobilité de ses parties. Elles retombent donc les unes sur les autres, & elles s'arrangent de différentes façons, suivant que la matiere qui les désunissoit, s'évapore plus ou moins promptement, & de tel ou de tel côté.

Le quatrieme phénomene, dont nous avons fait mention (509), est un de ceux qui paroît favoriser davantage cette opinion ; car, quoique le sel interposé entre les molécules de l'eau, la refroidisse, il retarde néanmoins sa

(1) Nollet, Leçons de Physiq. expérim. t. 4.

Digitized by Google

congelation, & la glace qui en réſulte, eſt moins ſolide que celle de l'eau ſimple.

Lorſqu'on jette du ſel dans l'eau, cette eau ſe refroidit par la même cauſe qui rend la glace plus froide, lorſqu'on la mêle avec du ſel; mais, pourquoi cette eau étant plus froide que la température de l'air ambiant, ſe glace-t-elle plus difficilement? Voici la raiſon qu'on en donne.

Les molécules de ſel interpoſées entre les parties de l'eau, s'oppoſent à leur union, & comme c'eſt la même cauſe qui agit avec la même intenſité ſur l'eau ſalée & ſur l'eau ordinaire, celle qui lui oppoſe plus de réſiſtance, ne doit pas ſe glacer ſi promptement, ni même former une glace qui ait la même conſiſtance.

C'eſt pour cette raiſon que les liqueurs ſpiritueuſes, mais qui contiennent quelque phlegme, ſe glacent très-difficilement, & que dans leur congelation, la partie ſpiritueuſe ſe ſépare du phlegme.

Expérience. Mettez du vin dans un vaſe mince. Plongez ce vaſe dans un mêlange de glace pilée & de ſel, & vous obſerverez ce que nous venons d'indiquer. Vous obſerverez encore la même choſe, ſi vous plongez dans un

Digitized by Google

ſemblable mêlange, un vaſe rempli en partie d'eſprit-de-vin coloré, mêlé avec un peu d'eau.

Les corps étrangers, capables de pénétrer entre les molécules de l'eau, s'oppoſent donc juſqu'à un certain point à ſa congelation, & c'eſt de tous les phénomenes, ainſi que je l'ai déjà obſervé, celui qui favoriſe davantage l'opinion de *Boerrhaave*, & de ſes Sectateurs.

(512) Dans cette hypotheſe, la glace n'eſt autre choſe qu'une eau condenſée, dont les parties ſe ſont rapprochées, par la privation d'un fluide interpoſé entre ſes molécules. Un morceau de glace devroit donc être ſpécifiquement plus peſant que l'eau. Or, l'expérience démontre conſtamment le contraire, ainſi que nous l'avons précédemment obſervé (504). On attribue cet effet à la quantité d'air qui ſe dégage de l'eau au moment de la congelation, & qui ſe trouve diſſéminé dans toute l'étendue de la glace, ſous la forme de bulles, dont les dimenſions augmentent même d'un jour à l'autre (504). Nous ne pouvons diſconvenir du fait; mais la concluſion qu'on en tire, n'en eſt pas plus exacte pour cela. Nous avons, en effet, obſervé qu'une glace

Obſervations ſur cette hypotheſe.

Digitized by Google

formée d'eau purgée d'air, & dans laquelle on ne voyoit aucune bulle d'air diſſéminée, étoit encore ſpécifiquement moins peſante que l'eau, le rapport de leur peſanteur ſpécifique étant comme celui de 21 à 22 (505). L'expérience de *Homberg*, qu'on pourroit invoquer ici, ne ſatisferoit pas davantage à cette difficulté, puiſque la glace dont il fait mention, étoit de même peſanteur ſpécifique que l'eau, & qu'à raiſon de la condenſation des molécules de l'eau, il faudroit néceſſairement qu'elle fût ſpécifiquement plus peſante. D'ailleurs l'expérience de *Homberg* eſt une de celles ſur laquelle on ne doit point compter (505).

Autre obſervation.

(513) Ce phénomene n'eſt pas le ſeul dont on ne rende pas raiſon d'une maniere ſatisfaiſante dans l'hypotheſe de *Boerrhaave*.

Il y a, par exemple, des pays où il gele la nuit des jours les plus chauds: telle eſt la partie ſeptentrionale de la Perſe & de l'Arménie. M. *Tournefort* étant à Erzeron, Ville capitale de l'Arménie, écrivit à M. *de Pont-Chartrain*, qu'il y avoit fréquemment de la glace dans cette Ville, & qu'il y éprouvoit un très-grand froid. Sa lettre étoit datée du 19 Juin; & il marque, dans la relation de ſon

Digitized by Google

voyage du Levant, que l'eau dans laquelle il avoit mis des plantes, pour les conſerver, & pour les décrire le lendemain, s'étoit glacée, pendant la nuit, de l'épaiſſeur de deux lignes, quoiqu'elle fût à couvert dans un baſſin de bois. La même choſe arrive en Italie, en Allemagne, & dans la Suiſſe. Il y a même un fleuve, dans l'Evêché de Bâle, qui ne ſe gele que pendant l'été, ſuivant le rapport de *Schuncheſer.* On voit, à quatre lieues de Beſançon, une caverne dans laquelle on obſerve le même phénomene. Voici un précis de ce que M. *Boiſot*, Abbé de Saint-Vincent, écrivoit à ce ſujet à M. l'Abbé *Nicaiſe* (1). Je fus me promener, lui marque-t-il, durant les chaleurs exceſſives du mois de Juin dernier, aux environs de cette caverne. On y accouroit de toutes parts, avec des charriots & des mulets. Ils en revenoient tous chargés de gros quartiers de glace, pour en fournir les Villes voiſines, & le camp de la Saone. La caverne cependant ne s'épuiſe point, & un jour de grande chaleur y produit plus de glace, qu'on n'en tire en huit. L'entrée de cet antre eſt ſur la croupe d'une montagne

(1) Nouv. de la Répub. des Lett. Août 1686.

Digitized by Google

aſſez haute, près la Ville de Quingi, ſur la riviere de Louvre, au ſud-oueſt de Beſançon. Cette entrée a quinze à vingt pas de large, & elle couvre une deſcente de près de trois cents, au bas de laquelle on voit la porte de la caverne. Cette porte eſt deux fois plus haute & plus large que la plus grande porte de Ville. Cette caverne a trente-cinq pas de profondeur, ſur ſoixante de large; elle eſt couverte d'une eſpece de voûte de ſoixante pieds d'élévation. On y voit aſſez clair partout, & il pend de la voûte, de gros morceaux de glace, qui font un très-bel effet: la plus grande abondance ſe forme cependant dans un petit ruiſſeau qui occupe une partie de cette caverne. Ce ruiſſeau, preſqu'entiérement glacé en été, eſt entiérement coulant en hyver.

On voit ſouvent, ajoute M. l'Abbé *Boiſot*, des brouillards aſſez épais dans cette caverne. Ils indiquent de la pluie pour le lendemain: c'eſt même un excellent almanach pour les Payſans du voiſinage. Ils y accourent de tous côtés, lorſqu'ils ont quelque travail de longue haleine à entreprendre, & ils jugent par la pureté de l'air, ou par l'épaiſſeur des brouillards, du temps qu'il fera, & ils ſe reglent là-deſſus.

Digitized by Google

Or, comment expliquer convenablement de ſemblables phénomenes, en ne faiſant dépendre la congelation de l'eau, que de la ſeule privation de la matiere ignée? Nous ne rapporterons point ici tous les ſubterfuges auxquels on a eu recours pour faire cadrer cette hypotheſe avec ces ſortes de phénomenes, & nous en ferons encore obſerver un particulier qu'on doit également ranger dans la claſſe de ceux qui la contrarient tout-à-fait.

Troiſieme obſervation.

(514) Si la ſeule privation du feu étoit la cauſe de la congelation, il eſt conſtant que l'eau ne pourroit ſe convertir en glace, que lorſque la liqueur du thermometre ſeroit deſcendue au trente-deuxieme degré, échelle de *Fareinheit*, & que cette glace commenceroit conſtamment à ſe fondre, lorſque la liqueur du même thermometre ſeroit élevée au trente-troiſieme degré. Or, ſuivant les obſervations de *Muſſenbroek* (1), ſuivant celles que j'ai faites pluſieurs fois, en différens hyvers, & que tout le monde peut répéter facilement, la gelée continue & devient quelquefois plus forte, lorſque la liqueur

(1) Muſſenbroek, Cours de Phyſ. t. 2.

Digitized by Google

du thermometre eſt déja élevée au trente-ſixieme & même au trente-neuvieme degré. *Muſſenbroek* aſſure avoir obſervé le même phénomene, la liqueur étant montée au quarante-unieme degré.

Dira-t-on que dans ces différentes circonſtances, la matiere ignée ne pouvoit pas pénétrer la glace ? Qu'on aſſigne donc un obſtacle ſuffiſant pour empêcher les particules du feu à ſe mettre en équilibre dans les corps contigus, & ſi elle rencontre quelquefois un obſtacle inſurmontable, on reconnoît donc alors, dans la glace, quelque puiſſance étrangere qui ne peut s'allier avec les molécules du feu qui tendent à la pénétrer. La ſeule privation du feu, ou de la matiere ignée, ne ſuffit donc point pour former de la glace, & il faut néceſſairement lui aſſocier une cauſe concomitante.

Opinion de la ſeconde claſſe.

(515) Ce n'eſt donc pas ſans raiſon que pluſieurs Phyſiciens regardent la glace comme une liqueur raréfiée. Cette hypotheſe fut d'abord propoſée par M. *de la Hire*; elle fut enſuite embraſſée par M. *Perrault*, par *Muſſenbroek*, la Marquiſe *du Châtelet*, & pluſieurs autres célebres Phyſiciens.

Dans cette hypotheſe, on explique la

Digitized by Google

congelation de l'eau par le moyen de petits corpuſcules étrangers, auxquels *Muſſenbroek* a donné le nom de *parties frigorifiques*, pure dénomination, qui déſigne ſeulement l'effet de ces corps étrangers, dont on ne connoît encore que l'exiſtence, & non la nature. Ces ſortes de corpuſcules ſe trouvent communément dans les endroits qui abondent en ſels & en nitre; mais ils ne doivent point être confondus, comme quelques-uns l'ont fait, avec les parties ſalines & nitreuſes. Apportés en certaine abondance, dans une maſſe d'eau, ils s'inſinuent entre les molécules de l'eau; ils en chaſſent la matiere ignée avec laquelle ils n'ont aucune affinité, & contre laquelle il paroît qu'ils exercent une force répulſive, & ils forment le gluten qui unit les molécules de l'eau les unes aux autres, & conſéquemment ils les réuniſſent ſous la forme de glace.

On reconnoît donc ici deux cauſes de la congelation, la privation du feu, & le concours de certains corpuſcules étrangers, qu'on nous permettra de nommer *parties frigorifiques*, juſqu'à ce que, plus inſtruits ſur leur nature, nous puiſſions les indiquer ſous une dénomination plus convenable.

Digitized by Google

La seule privation du feu ne produit point de la glace. En 1739, en 1753 & 1755, il dégeloit à Leyde, il tomboit de la pluie, & l'eau couloit, tandis que le thermometre de *Fareinheit* n'étoit qu'à 28, 29 & 30 degrés, & qu'il demeura plusieurs jours suspendu à cette hauteur (1). Nous avons pareillement observé (514), que la seule présence du feu ne suffisoit pas toujours pour fondre la glace, & on peut ajouter encore que la congelation peut avoir lieu, que la glace peut se former, lors même que l'atmosphere contient une quantité de feu qui devroit s'opposer à la production de ce phénomene. *Duhamel* nous apprend, en effet, qu'il avoit vu de la glace se former, dans un temps où le thermometre de *Réaumur* étoit à 3, & même à 4 degrés au-dessus de la congelation, & lorsque les jours précédens, il avoit regné quelques degrés de chaleur dans l'atmosphere (2). Outre la privation du feu, qui doit être portée à un certain point, il faut donc nécessairement admettre une cause physique & matérielle de la production de la glace;

(1) Musſenbroek, Cours de Phyſ. exp. t. 2.

(2) Hiſt. de l'Acad. Roy. des Scien. an. 1754.

Digitized by Google

& les obſervations ſuivantes confirment on ne peut mieux cette hypotheſe.

(516) On remarque, en effet, que la même eau expoſée à la même température ſuffiſante pour former de la glace, ſe gele, ou ne ſe gele point, ſuivant qu'elle ſe trouve diſpoſée à recevoir, ou à refuſer entrée aux parties étrangeres qui doivent concourir à cet effet. *Obſervation qui confirme cette opinion.*

Renfermez dans des vaſes ſemblables, la même quantité d'eau de même eſpece, & plongez dans chacun de ces vaſes, un thermometre qui puiſſe vous indiquer conſtamment la température de chacune de ces maſſes d'eau. Laiſſez quelques-uns de ces vaſes à découvert, & expoſés au contact de l'air libre : couvrez-en quelques-uns avec des lames de verre ou de métal : verſez ſur l'eau de quelques autres des huiles de différentes eſpeces, de l'huile d'olives, de lin, de térébenthine, &c. placez-les tous ſur une table, ou ſur une tablette, à la même expoſition, de façon, toutefois, qu'ils ne puiſſent être atteints ni directement, ni indirectement par les rayons du ſoleil : diſpoſez pareillement un thermometre à côté de chacun de ces vaſes, & vous remarquerez que la température de l'air, étant à la glace, l'eau con- *Expérience.*

Digitized by Google

tenue dans ceux de ces vaſes qui ſeront ouverts, donnant un libre accès aux parties frigorifiques, ſe glacera, tandis qu'elle demeurera ſous la forme de liqueur dans les autres, dans leſquels ces parties frigorifiques ne trouveront point un accès auſſi facile. Ce même phénomene ſubſiſtera, lors même que le froid viendra à augmenter de trois & même de quatre degrés.

Dans ce cas, débouchez l'un des vaſes couverts; l'air & les corps étrangers qu'il contient, & qu'il tranſporte avec lui, venant alors à pénétrer librement ſa maſſe d'eau, elle ſe convertira auſſi-tôt en glace : prenez enſuite un autre de ces vaſes, & ſans le découvrir, agitez-le un peu, pour écarter la maſſe d'eau de ſes parois, & tranſportez-le même dans un endroit moins froid, ſuppoſons de deux ou trois degrés, que celui d'où vous le retirez, & la maſſe d'eau ſe glacera pareillement (1). Laiſſez dans l'état où ils ſe trouvent, ceux dans leſquels la maſſe d'eau eſt recouverte d'huile, ſuppoſons d'huile d'olives; elle ſera alors figée : contentez-vous d'introduire dans cette huile un petit ſtilet

(1) Tranſ. phil. n. 382, 418, 475.

Digitized by Google

qui faſſe une ouverture qui pénetre juſqu'à l'eau ; ſa fluidité diſparoîtra, & vous verrez des lames de glace s'y engendrer auſſi-tôt (1). Il ſuffit donc de procurer un libre accès aux parties étrangeres, aux parties frigorifiques que l'air charrie avec lui, lorſque l'eau ſe trouve ſuffiſamment dépourvue de matiere ignée, pour la convertir en glace.

(517) Si la glace dépendoit du froid ſeul, dit le célebre *Muſſenbroek* (2), ne geleroit-il pas ſur-tout en Hollande, lorſque le vent ſeroit au nord, puiſqu'alors il vient des contrées les plus froides, & qu'il produit un très-grand froid ? Or, il gele rarement en hyver, lorſque ce vent ſouffle ; ou, s'il gele alors, la gelée n'eſt pas forte, ni de longue durée. Il y gele cependant, lorſque le vent eſt à l'eſt, quoique ce vent vienne d'une region bien moins froide ; & cela, parce qu'il apporte avec lui quantité de corpuſcules, de parties frigorifiques qui s'élevent dans la région d'où il ſouffle. Auſſi ai je obſervé pluſieurs fois, continue ce célebre Phyſicien, dans le printems, aux mois

Autre obſervation favorable à la même opinion.

(1) De Mairan, Traité de la glace.

(2) Muſſenbroek, Cours de Phyſ. expér. t. 2.

Digitized by Google

de Mars & d'Avril, & ſur-tout vers le milieu du mois de Juin de l'année 1753, & le 20 du même mois, en 1758, que les vents d'eſt & d'aquilon ſoufflant, il gela, & que les foſſés de la campagne furent glacés, & les herbes couvertes de gelée blanche pendant la nuit. Elle avoit cependant été précédée d'un jour ſerein & médiocrement chaud, la chaleur ayant été le matin & le ſoir de 58 degrés. Or, il eſt conſtant que ces vents ne pouvoient pas par eux-mêmes refroidir ſubitement, juſqu'à 32 degrés, l'eau & les herbes qui avoient été échauffées par la chaleur du ſoleil. Il eſt donc naturel de penſer que ces vents avoient apporté des particules étrangeres, leſquelles mêlées avec l'eau, la convertirent en glace. On dit, ajoute *Muſſenbroek*, que ces vents friſent le ſommet des montagnes d'Allemagne, qui ſont couvertes de neige & extrêmement froides. Ces vents cependant ne ſont point auſſi froids, lorſqu'ils abordent dans nos contrées : leur température ſe trouve même quelquefois de 50 degrés. On ne peut donc ſe refuſer raiſonnablement à admettre des parties étrangeres, des parties frigorifiques, comme cauſe concomitante avec la privation du feu, de

Digitized by Google

de la formation de la glace; & on peut, dans cette hypotheſe, expliquer avec la plus grande facilité le méchaniſme des congélations artificielles.

(518) Les parties frigorifiques dont les ſels abondent, abandonnent ces ſels, à proportion qu'ils ſe fondent par l'attouchement de la glace avec laquelle on les mêle. La glace ſe fondant elle-même par ſon mêlange avec les parties ſalines, abandonne également ſes parties frigorifiques, & celles qui reſtent dans le mêlange, plus développées par la fuſion, ſuffiſent pour faire exhaler plus abondamment la matiere ignée, & faire prendre au mêlange le degré de froid qu'on y découvre. Une portion de ces parties frigorifiques s'inſinuant, en différentes manieres, dans le vaiſſeau mince plongé dans le mélange de glace & de ſel, pénetre la liqueur qui y eſt contenue, chaſſe preſqu'entiérement la matiere ignée & l'air diſſéminé entre les molécules de l'eau, & fournit à ces molécules le gluten dont elles ont beſoin, pour former une agrégation, & pour ſe convertir en glace.

Application de ce méchaniſme aux congélations artificielles.

Douées, ſelon toutes les apparences, d'une très-grande ténuité, puiſqu'elles pénetrent

Digitized by Google

juſqu'à un certain point les pores de certains vaiſſeaux, ces parties qui s'inſinuent dans l'eau, n'augmentent point ſa peſanteur ſpécifique. Au contraire, l'augmentation de ſon volume qu'elles occaſionnent, les exhalaiſons qu'elles excitent continuellement, l'air qui ſe dilate, & qui demeure diſſéminé dans la glace, font que la denſité reſpective diminue, comme nous l'avons obſervé plus d'une fois dans cet article.

NOTES SUR LA QUATRIEME SECTION.

(§. 388.) NOTE 1. *DES reſſources infinies d'une puiſſance ſuprême.*

De la conſtruction des muſcles.

Les muſcles ſont univerſellement reconnus pour les puiſſances motrices des différentes parties du corps des animaux. Ils ſont compoſés d'une partie charnue, qu'on appelle le *ventre du muſcle*, & de deux extrêmités qui prennent différens noms, ſuivant la diſpoſition des fibres qui les compoſent. Ces fibres ſont-elles réunies en paquet, de ſorte qu'elles ne forment plus qu'une eſpèce de corde, on nomme cette extrêmité un

Digitized by Google

tendon. Sont-elles au contraire posées les unes à côté des autres, & épanouies sous la forme d'une membrane, on appelle cette extrêmité du muscle, une *aponevrose.*

En général, les muscles sont faits de plusieurs fibres, qui sont plus serrées vers leurs extrêmités, que dans leur partie moyenne, & cette derniere est regardée comme la puissance motrice des parties contre lesquelles elle développe son action. L'une des extrêmités du muscle, est attachée à un point qu'on peut considérer comme fixe, & l'autre extrêmité s'insere & s'attache à la partie que le muscle doit mouvoir, & qu'on doit considérer comme la résistance. On conçoit de-là que le ventre du muscle où réside la puissance motrice, est établi entre le point d'appui & la résistance, & conséquemment que la disposition du muscle est parfaitement analogue à celle d'un levier du troisieme genre. Or, tout l'avantage du levier d'un troisieme genre, étant en faveur de la résistance, comment se fait-il que la Nature ait si peu profité des avantages de la méchanique dans la disposition des muscles des animaux? Pourquoi a-t-elle choisi, par préférence, une disposition qui met la puissance dans la nécessité de faire un effort bien plus considérable que celui qu'elle seroit obligée de faire dans toute autre disposition? C'est une question qui mérite de trouver ici sa place, & dont la solution doit intéresser le Physicien.

Disposition des muscles.

Problème à résoudre.

Soit F G (plan. 3, fig. 6), représentant l'un des os du corps humain, supposons *l'humerus*, ou l'os du bras, & A B, l'un des os de l'avant-bras, tel que le *rayon*; supposons maintenant

Solution. Plan. 3, fig. 6.

Digitized by Google

que le muscle ED prenne son origine au point D, & qu'il s'insere en E, extrêmité du rayon ; ce qui formera un levier du second genre, puisque la résistance sera alors placée entre le point d'appui & la puissance. Or, en ne considérant ici que le mouvement de flexion par lequel cet os est porté autour du centre C, de E en H, en décrivant l'arc EXH, je remarque que ce mouvement ne peut avoir lieu, que par la contraction, & conséquemment par le raccourcissement du muscle ED. Cela posé, pour que l'extrêmité du rayon AB, parvienne en H, il faut, de toute nécessité, que la longueur DE de ce muscle, soit réduite à celle de M D. La peau sera donc alors obligée de recouvrir toute la surface du triangle M D R, & le bras deviendra alors plus gros que le corps. Que deviendra donc la grosseur de ce bras, si les deux fléchisseurs de l'avant-bras sont disposés de la même maniere, & s'ils se contractent en même temps ? Le bras deviendra alors d'une grosseur énorme. Ce que je dis du mouvement de flexion de l'avant-bras, doit s'entendre également de ses autres mouvemens, & doit s'appliquer pareillement à tous les mouvemens des autres parties du corps : d'où l'on peut juger facilement de la difformité à laquelle seroit exposée le corps de l'homme, s'il mettoit en même temps en mouvement différentes parties de son corps, & si les muscles employés à cet effet étoient disposés en forme de leviers du troisieme genre.

Imaginera-t-on, pour obvier à cet inconvénient, de ne donner au ventre du muscle que l'étendue DR, & de former le reste R E d'un

Digitized by Google

tendon qui seroit appliqué contre le corps de l'os A B, & qui seroit retenu à l'aide d'une bride, ou d'un ligament annulaire placé en R ? On remédieroit, à la vérité, en grande partie, au défaut que nous venons d'exposer ; mais cette nouvelle disposition auroit aussi ses inconvéniens.

1°. Si on produisoit ainsi les tendons, pour former des leviers du second genre, ils occuperoient beaucoup plus de place qu'ils n'en occupent dans l'état actuel. 2°. Les leviers ne jouiroient point encore de tout l'avantage qu'on imagine : car, en supposant que le tendon R E demeure parallele aux os G F & A B, ou qu'à l'endroit de son insertion E, il forme avec l'os A B, un angle très-aigu, ce tendon n'agira qu'avec très-peu de forces, pour élever l'os qu'il doit mouvoir, quoique la puissance, c'est-à-dire, le ventre du muscle se contracte avec une force considérable, parce que cette force, agissant très-obliquement, perdroit une grande partie de son intensité, comme nous le démontrerons ailleurs. Cette nouvelle disposition des muscles seroit donc très-peu favorable à la puissance, & elle occasionneroit encore des difformités qu'on ne remarque point dans leur disposition actuelle.

Ajoutez encore à tout ceci, que les muscles étant disposés sous la forme de leviers du second genre, ne seroient point susceptibles de se contracter autant qu'il seroit nécessaire qu'ils le fissent, pour donner toute l'étendue requise à certains mouvemens.

L'Auteur de la Nature a donc donné à l'homme une preuve de son intelligence suprême, en négligeant de profiter des avantages de la mécha-

Digitized by Google

nique, dans la disposition des puissances motrices animales. Il a voulu conserver les formes des parties, & il n'a point voulu exposer le corps de l'homme à des difformités énormes auxquelles il n'eut point été facile de s'accoutumer. Mais s'il a négligé les avantages qu'il eût pu tirer d'une autre disposition méchanique, les moyens qu'il a employés pour la contraction des muscles, nous fournissent une nouvelle preuve d'une intelligence sans bornes. La plus petite action possible suffit pour contracter les muscles, pour leur faire exercer toute l'intensité de leur action, & leur faire produire des efforts étonnans, avec toute la promptitude imaginable. Mais en quoi consiste ce méchanisme ingénieux ? C'est sur quoi les Physiologistes ne sont point encore d'accord, & ce qui a donné lieu à une multitude prodigieuse d'hypotheses différentes, dans le détail desquelles nous ne nous permettrons point d'entrer. Nous avons exposé les principales, celles qui nous ont paru les plus ingénieuses, dans le premier volume de nos *Leçons sur l'économie animale*.

(§. 396.) NOTE 2. *Pour qu'elles puissent se faire équilibre.*

Maniere générale de déterminer l'action d'une puissance qui agit obliquement sur un levier. Pl. 4, fig. 5.

Soit tirée de l'extrêmité B (plan. 4, fig. 5), du levier horisontal A B, la perpendiculaire B S, sur laquelle on décrive, comme sur un diametre, un cercle qui touche le levier au point B. Supposons maintenant que le diametre B S exprime la force de la puissance qui agit perpendiculairement au point B. Si cette même puissance est transportée au point P, de façon qu'on ait

Digitized by Google

BP=BS: l'action de cette puiſſance, réduite à la valeur de BH, deviendra moindre de la quantité HP.

Soit, en effet, prolongé indéfiniment le levier AB, ſuppoſons juſqu'en L; ſoit également prolongée la ligne PB, juſqu'en E, & menée du point C, la perpendiculaire CE, on aura alors deux triangles ſemblables CBE, BHS; car l'angle EBC=LBH=BSH. Pareillement l'angle CEB=BHS, & conſéquemment l'angle ECB =HBS: donc on aura la proportion CB: CE :: SB : BH :: le ſinus de BHS, eſt au ſinus de l'angle LBH, ou au ſinus de l'angle BSH.

Pareillement les puiſſances K & I, qui tirent obliquement, ſelon les directions BDK, BGI, ſeront égales, ſi l'arc SF = l'arc SG, & l'action de ces puiſſances ſera égale à BF & BG. Soit, en effet, tirée la perpendiculaire CD ſur BK, on aura deux triangles ſemblables BCD, BFS, & conſéquemment on trouvera la proportion BC: CD :: SB: BF. Soit pareillement tirée la perpendiculaire CM, ſur le prolongement de IB, & on aura, à cauſe de la ſimilitude des triangles BC: CM :: BS: BG. Or, BG=BF par la ſuppoſition : donc ces deux puiſſances ſont égales.

NOTE 3. *Entre la longueur des deux bras de la balance.* (§. 408.)

Cherchez d'abord l'équilibre avec le corps que vous voulez peſer, mis dans un des baſſins de la balance, & le contrepoids placé dans le baſſin oppoſé de la même balance. Changez après cela de baſſin le corps & le contrepoids, & recher-

Digitized by Google

chez de nouveau l'équilibre entre l'un & l'autre ; & assurez-vous des contrepoids que vous aurez employés dans l'une & dans l'autre circonstance. Multipliez ensuite ces deux contrepoids l'un par l'autre, & prenez la racine quarrée du produit que vous aurez trouvé ; cette racine vous donnera le poids que vous cherchez.

Supposons, en effet, que le poids du corps placé dans le bassin suspendu au plus court des deux bras de la balance, que nous nommerons C B, soit appellé m, & que le contrepoids placé dans le bassin opposé, soit nommé P. Désignons par C A, le bras auquel ce bassin se trouve suspendu. Si on appelle q le second contrepoids qu'on sera obligé d'employer pour équilibrer le corps m, lorsqu'on aura fait échange des bassins, nous aurons, pour le premier cas, $m \times BC = p \times AC$, & pour le second cas, $m \times AC = q \times BC$. Si on multiplie donc les termes les uns par les autres, on aura $mm \times BC \times AC = pq \times AC \times BC$. Si on divise ensuite chaque produit par $BC \times AC$, il restera $mm = pq$. Par conséquent, $m = \sqrt{pq}$, & cette racine donnera le véritable poids du corps m. Or, comme ce poids est au contrepoids qui le tient en équilibre, de même sont entre elles réciproquement les distances au centre C du mouvement de la balance, puisqu'on a cette proportion $m : p :: AC : BC$.

(§. 419.) Solution générale de M. de Varignon, concernant les poulies. Pl. 6, fig. 3 & 4.

NOTE 4. *On ne peut plus simple & plus satisfaisante.*

Soient les deux poulies A & B (pl. 6, fig. 3 & 4), sur lesquelles les cordes ne sont point paralleles.

Digitized by Google

Tirez la ligne M N, pour réunir les points où les cordes touchent la poulie ; & du point M, faites M K, perpendiculaire sur H N. Cela fait, il est clair, & même suivant les principes ordinaires, que la charge D, & la puissance R demeurent en équilibre en cet état, de même que si elles étoient appliquées l'une & l'autre à un même levier M N, dont l'appui fût en M ; la charge D en *o*, suivant *o* H, & la puissance R en N, suivant N R, & conséquemment, elles sont l'une à l'autre, en raison réciproque des lignes M K & M *o*, qui tombent perpendiculairement du point M, sur leurs lignes de direction N H & H *o*. Or, à cause que la ligne de direction du point D passe, comme on vient de le voir, par le point H, où concourent les cordes P M & R N, prolongées de ce côté-là ; les lignes M K & M *o* sont les sinus des angles M H N, M H *o*. Donc le poids D est à la puissance R, en raison réciproque de ces mêmes sinus ; c'est-à-dire, à cause que M H & H N sont tangentes, comme le sinus de l'angle qu'elles font entre elles, au sinus de sa moitié.

On peut donc regarder comme un principe général, que dans les poulies mobiles, quelque angle que fassent entre elles les cordes qui y sont appliquées, si on les prolonge jusqu'à ce qu'elles concourent en un point, le fardeau sera à la puissance, comme le sinus de l'angle, formé par ces cordes, est au sinus de sa moitié.

Il faut cependant observer ici, d'après le D. *Desaguilliers*, que, quelque générale que soit cette formule, elle ne peut être appliquée qu'aux poulies mobiles, qui se meuvent dans une même

Digitized by Google

châsse ; elle ne convient nullement à tout assemblage de poulies mobiles qui seroient isolées dans autant de châsses particulieres, telles que celles dont nous avons parlé (416. 417).

(§. 456.) NOTE 5. *Suffisamment étendue dans la note* 5.

Le *mouton*, autrement dit la *sonnette*, eu égard au service de cette importante machine, est principalement fait d'une grosse masse de bois cerclée en fer, ou d'une masse de fer même, qui monte & qui descend librement entre deux jumelles élevées parallelement l'une à l'autre, & contenues entre elles par des traverses & des brides. Sur la tête du mouton sont attachées deux cordes qui passent sur la circonférence de deux poulies fixes, établies au haut de la charpente. Aux extrêmités de ces cordes sont attachées de petites cordes, pour qu'on puisse facilement multiplier le nombre des Travailleurs. Ceux-ci saisissent ces dernieres cordes, pour enlever le mouton, & ils le laissent tomber, de la hauteur à laquelle ils l'ont élevé, sur la tête du pilot qu'ils veulent enfoncer.

Veut-on maintenant calculer l'avantage de cette machine, & l'effet qu'elle peut produire sur le pilot qu'elle doit enfoncer ? Supposons que le mouton pese cinq cens livres, & tombe seulement de la hauteur d'un pied : il tombera alors dans l'espace d'un quart de seconde, & conséquemment il acquerra une vîtesse propre à lui faire parcourir uniformément deux pieds dans le même temps, ou huit pieds dans l'espace d'une seconde. Multipliant donc sa masse par sa vîtesse, nous

Digitized by Google

aurons $500 \times 8 = 4000$ pour la force avec laquelle il frapperoit la tête du pilotis, avec la vîteſſe que nous lui ſuppoſons. Mais ſi on éleve cette maſſe à la hauteur de quatre pieds, hauteur à laquelle on a coutume de l'élever, il tombera de cette hauteur dans l'eſpace d'une demi-ſeconde, & il aura, au moment de la percuſſion, une vîteſſe propre à lui faire parcourir huit pieds dans une demi-ſeconde, ſans aucun autre ſecours que celui de la peſanteur. En prenant donc ici la vîteſſe qu'il doit avoir dans l'eſpace d'une ſeconde, nous trouverons ſeize pieds, leſquels étant multipliés par la maſſe 500, que nous avons ſuppoſée, donneront pour produit $500 \times 16 = 8000$; d'où l'on peut juger de l'avantage qu'on peut attendre d'un choc de cette eſpece, en profitant du ſecours de quelque machine propre à élever le mouton à une plus grande hauteur que celle à laquelle on peut l'élever en le faiſant mouvoir a force de bras.

NOTES
SUR
LA CINQUIEME SECTION.

NOTE 1. *C'eſt ce qu'on appelle l'éther.* (§. 466.)

De l'éther.

L'*éther* eſt un fluide extrêmement limpide, volatil, qui répand au loin une odeur forte, pénétrante & aſſez ſuave. Pris intérieurement, ſa ſaveur eſt d'abord déſagréable; mais quelques

momens après, on éprouve des rapports analogues à ceux que produit le citron.

Si les anciens Chymistes connurent cette singuliere liqueur, ce ne fut cependant que depuis 1730 qu'on s'occupa, d'une maniere intéressante, de ses propriétés, & des moyens de l'obtenir plus abondamment. On dut cette attention que les Chymistes donnerent alors à cet objet, aux expériences curieuses sur l'*éther*, publiées par *Frobenius* dans les Transactions philosophiques, & ce fut même ce Chymiste qui donna à cette liqueur le nom d'*éther*, qu'on lui a toujours conservé. Plusieurs la nomment encore *liqueur éthérée de Frobenius*. Comment produit-on l'*éther*? Combien distingue-t-on d'espece d'*éther*? Quelles sont les propriétés de chaque espece en particulier? Ce sont autant de questions très-curieuses, à la vérité, & très-dignes de l'attention du Physicien, mais dont le détail nous conduiroit au-delà des bornes que comporte la nature de cet Ouvrage. On pourra consulter, à ce sujet, une excellente dissertation de M. *Baumé*; c'est, sans contredit, ce que nous avons de plus étendu, de plus intéressant & de plus propre à satisfaire notre curiosité sur cette singuliere liqueur. Nous nous bornerons à la faire suffisamment connoître & à indiquer ses propriétés essentielles.

Différentes especes d'éther.

Cette liqueur est le produit de la combinaison de l'esprit-de-vin avec différens acides. De-là, différentes especes d'*éther*, à raison de l'espece d'acide qu'on emploie; mais la liqueur éthérée de *Frobenius*, celle à laquelle on conserve le nom propre d'*éther*, sans aucune addition, est faite avec l'acide vitriolique. On désigne les

Digitized by Google

autres especes, en ajoutant le nom de l'acide qui entre dans leur composition. De-là, l'*éther nitreux*, l'*éther marin*, l'*éther acéteux*.

De l'éther proprement dit, ou de l'éther vitriolique. De quelle maniere on l'obtient.

Pour obtenir l'éther proprement dit, on met dans une cornue de verre parties égales d'esprit-de-vin bien déphlegmé, & d'huile de vitriol blanche bien concentrée. Le mêlange s'échauffe & produit, avec sifflement, des vapeurs d'une odeur suave, qui retombent dans la cornue sous la forme de longues stries. On agite cette cornue, pour qu'elle s'échauffe également, & qu'elle ne se casse point. Le mêlange se fait d'ailleurs plus complettement, & il acquiert une température approchante de celle de l'ébullition. On place alors la cornue sur un bain de sable qu'on a eu soin de faire chauffer d'avance; le mêlange ne tarde point à bouillir. On ajuste promptement, au bec de cette cornue, deux grands récipiens enfilés, préparés pour cet effet. On fixe le dernier de ces deux vaisseaux dans une cuvette pleine d'eau froide, & même de glace pilée.

On voit aussi-tôt les vapeurs s'élever & passer dans les vaisseaux. Le premier produit n'est qu'un esprit-de-vin empreint d'une odeur d'éther, mais cependant parfaitement miscible à l'eau: après quelques minutes d'ébullition, l'éther commence à passer; sa présence se manifeste par des stries qui sont plus grosses & plus apparentes, par une odeur suave, & il passe ainsi pendant un certain temps. Il faut avoir soin d'ouvrir de momens à autres, un petit trou qu'on a pratiqué sur l'un des vaisseaux enfilés, pour donner issue aux vapeurs qui ne peuvent se condenser. Lorsque tout l'éther est passé, la cornue se remplit d'une

Digitized by Google

vapeur blanche d'acide sulfureux volatil, dont l'odeur se fait bientôt sentir, & masque l'odeur de l'éther. C'est alors qu'il convient de déluter les récipiens, & on verse le produit qu'ils contiennent dans un flacon bouché en cryſtal.

Si on remonte les vaisseaux sur la cornue, pour continuer l'opération, la matiere qui reste dans la cornue, épaisse & noire, se boursouffle aisément. Il faut donc modérer la chaleur, pour l'empêcher de s'élever dans le col de la cornue, & de passer dans le récipient. Par ce moyen, il passe un esprit sulfureux, & une huile jaune légere qui surnage cet esprit. Ces produits entiérement passés, vient ensuite un acide vitriolique sulfureux, d'autant plus fort, que la distillation avance davantage. Si on la continue assez long-temps, & à un feu doux, pour dessécher la matiere, il ne reste plus qu'une espece de bitume noir & solide, dont on peut tirer du soufre concret, par la sublimation à une chaleur plus forte.

Propriétés de l'éther.

L'éther exposé à l'air, s'évapore avec la plus grande promptitude, & il produit, en s'évaporant, un froid très-sensible dans le corps de dessus lequel elle s'évapore. M. *Baumé* a su profiter très-industrieusement de cette propriété, pour former de la glace artificielle, même dans un temps où la température de l'air étoit fort chaude. Il remplit d'eau la boule d'un thermometre, après l'avoir entourée d'un linge fin, & il le plongea ensuite dans l'éther; le linge s'en imbiba : mais cette liqueur s'évaporant très-facilement, & son évaporation étant encore aidée par des secousses, ou par une espece de mouvement de rotation qu'il lui communiqua, il se produisit

Digitized by Google

un froid qui fit geler l'eau renfermée dans la boule de l'inſtrument, après qu'il l'eût plongée pluſieurs fois dans l'éther. M. *Baumé* aſſure même être parvenu, par ce procédé, à produire un froid de quarante degrés au-deſſous de la glace, échelle de *Réaumur*.

L'éther ne ſe mêle point à l'eau en toutes proportions, comme l'eſprit-de-vin. On le croyoit même immiſcible à ce dernier fluide; mais M. le Comte *de Lauragais* nous a appris qu'il ſe diſſolvoit dans dix parties d'eau; c'eſt-à-dire qu'une quantité d'eau donnée diſſout un dixieme d'éther, tandis que le reſte de cette derniere liqueur qu'on ajouteroit au mêlange, s'en dégageroit, & viendroit ſurnager à la ſurface, & c'eſt un moyen de faire flotter une flamme légere au-deſſus de l'eau. Voici comment on procede dans cette expérience.

On jette un morceau de ſucre fort chargé d'éther, dans un verre d'eau froide: on en approche une bougie allumée. Auſſi-tôt la ſurface de l'eau ſe couvre d'une flamme légere, produite & entretenue par les vapeurs de l'éther, qui ſe dégagent à meſure que l'eau diſſout le ſucre. La flamme devient plus conſidérable; mais elle ne dure pas, à beaucoup près, auſſi long-temps, lorſqu'on répete cette expérience avec de l'eau chaude.

Nous ne dirons rien ici de la nature de l'éther. Nous laiſſons aux Chimiſtes éclairés à diſcuter l'opinion de M. *Macquer*, & celle de M. *Baron*, & de préférer, à cet égard, celle qui leur paroîtra la plus ſolide. Le premier regarde l'éther comme une ſubſtance mitoyenne entre l'eſprit ardent &

Digitized by Google

les huiles. Le second le range dans la classe des bitumes, & l'une & l'autre opinion ne manquent point de Partisans. Elles sont fondées sur la maniere differente selon laquelle ils envisagent l'esprit-de-vin. M. *Macquer* prétend que ce n'est qu'un composé d'eau & de phlogistique pur. M. *Baron* assure au contraire qu'il contient un principe huileux ; & de-là la variété de leur opinion sur la nature de l'éther vitriolique.

De l'éther nitreux. La maniere de le produire.

L'éther nitreux est le produit d'une combinaison de l'esprit-de-vin avec l'acide nitreux. On a proposé successivement nombre de méthodes & de manipulations pour obtenir ce produit. Mais celle de M. *Navier*, Médecin de Châlons-sur-Marne, est la plus généralement adoptée, comme la plus simple & la plus commode à mettre en exécution. Celle de M. *Voulfe* cependant donne des produits bien plus abondans & en bien moins de temps ; mais la difficulté de se procurer des vaisseaux convenables, l'embarras d'un appareil aussi volumineux, doit faire préférer celle de M. *Navier*, sur-tout au Physicien qui ne peut avoir aucun intérêt particulier à l'abondance du produit. Nous nous bornerons donc à faire connoître cette derniere.

On choisit une bouteille de Sèves très-forte, & on verse dedans douze onces d'esprit-de-vin bien déphlegmé. On renferme cette bouteille dans un seau rempli d'eau froide, ou mieux de glace pilée. On ajoute peu à peu huit onces d'esprit de nitre, médiocrement fort : on agite la bouteille, & on la bouche promptement avec un bouchon de liege bien ficelé. Quelques heures après, on voit s'élever du fond de la bouteille quelques

Digitized by Google

quelques petites gouttelettes, qui viennent se rassembler à la surface de la liqueur, où elles forment une couche d'éther plus ou moins sensible. Ce dégagement continue à se faire pendant deux ou trois jours, & même quelquefois pendant plus de temps. Lorsqu'il ne paroît plus avoir lieu, on débouche la bouteille avec précaution. On commence d'abord par percer le bouchon avec un poinçon, pour donner issue à l'air qui s'est développé, dans le temps de l'action de l'acide sur l'esprit-de-vin, & qui s'est logé dans le vuide de la bouteille. Sans cette sage précaution, & si on commençoit par retirer le bouchon entiérement, l'air s'échappant brusquement, entraîneroit avec lui une portion de la liqueur qu'on veut conserver. Mais lorsque l'air s'est une fois échappé par l'ouverture faite au bouchon, on débouche, sans aucun risque, la bouteille : on la vuide dans un entonnoir de verre, dont on bouche la queue avec le doigt. Les deux liqueurs qu'elles contiennent, prennent alors la place qui convient à leurs densités respectives : l'éther surnage, & le résidu se précipite au fond. On fait couler ce dernier dans un vaisseau, & lorsque l'éther se présente, & qu'il va couler, on le reçoit dans un flacon qu'on bouche avec un bouchon de cryſtal.

Cette espece d'éther porte une couleur jaune assez foncée : son odeur, plus forte & moins suave que celle de l'éther vitriolique, est cependant analogue à celle de ce dernier. Il jouit au reste, à peu de choses près, des mêmes propriétés. Il contient néanmoins toutefois une assez grande quantité d'acide surabondant.

Digitized by Google

De l'éther marin, & de la maniere de l'obtenir.

L'acide marin pur, quelque concentré qu'il soit, ne peut former de liqueur éthérée par sa combinaison avec l'esprit-de-vin. M. *Baumé* assure cependant, dans sa Dissertation sur l'éther, être parvenu à produire une petite quantité de cette liqueur, en faisant rencontrer dans un même récipient les vapeurs de l'esprit-de-vin le plus déphlegmé, & celles de l'acide marin le plus fumant; mais ce procédé très-imparfait & fort embarrassant d'ailleurs, ne pouvoit servir qu'à démontrer la possibilité d'engendrer de l'éther par le moyen de l'acide marin. Les Allemands ont long-temps travaillé inutilement à la solution de ce problême, & c'est aux travaux de M. le Marquis *de Courtanvaux*, qu'on doit enfin cette intéressante découverte en Chymie. Il s'est servi, pour cet effet, de la liqueur fumante de *Libavius*. C'est un acide marin très-concentré, tiré du sublimé corrosif, par l'intermede de l'étain, & chargé lui-même d'une quantité d'étain assez considérable.

Cette liqueur fumante mêlée à parties égales, & distillée avec l'esprit-de-vin, selon la méthode indiquée dans le Mémoire de M. *de Courtanvaux*, produit assez facilement & assez abondamment une liqueur éthérée, qui jouit des propriétés caractéristiques de l'éther, & qu'on peut, à juste titre, regarder comme un véritable éther marin. L'étain contenu dans la liqueur de *Libavius*, se sépare, & se précipite, dans cette opération, sous la forme d'une poudre blanche.

Ce nouvel éther est très-limpide, nullement coloré, & parfaitement semblable, à cet égard, à l'éther vitriolique, auquel il ressem-

Digitized by Google

ble encore par son odeur & par la flamme qu'il produit en brûlant, soit à sec, soit à la surface de l'eau; mais il en differe singuliérement par sa saveur stiptique, & très-analogue à celle de l'alun. Lorsqu'on respire la fumée qu'il répand en brûlant, elle frappe l'odorat, comme le pourroit faire l'acide sulfureux le plus pénétrant.

De l'éther acéteux, & de la maniere de l'obtenir.

Il est enfin une quatrieme & derniere espece d'*éther*, qu'on doit nommer *éther acéteux*, dont la découverte est due à M. le Comte *de Lauraguais*. On l'obtient par l'intermede du vinaigre. On mêle ensemble à parties égales de l'esprit-de-vin très-rectifié, & de l'acide concentré du vinaigre, retiré par la distillation des crystaux de verdet; acide qu'on connoît plus généralement sous le nom de vinaigre radical. On procede ensuite de la même maniere que nous avons indiquée précédemment, pour obtenir l'éther vitriolique; & cette distillation fournit une plus grande dose de liqueur éthérée: mais cette espece d'éther conserve une acidité marquée & l'odeur du vinaigre radical. On la débarrasse ensuite de son acide surabondant, en la soumettant à une nouvelle distillation, après l'avoir mêlée avec de l'alkali fixe en liqueur.

NOTE 2. *En différens endroits de leurs masses.* (§. 515.)

L'huile d'anis, dont on fait usage dans cette expérience, nous conduit naturellement à donner en peu de mots l'éthiologie des huiles. C'est, sans contredit, une matiere assez intéressante, pour mériter l'attention du Physicien.

Ethiologie des huiles.

On donne, en général, le nom d'huile, ou

Digitized by Google

de sucs huileux, à des substances grasses qu'on retire, de différentes manieres, des substances animales & végétales. Nous parlerons particuliérement de ces dernieres. Ce sont celles qu'il importe le plus au Physicien de connoître. Ces sucs sont fluides, ou concrets, immiscibles à l'eau, très-miscibles entre eux, volatils, presque tous attaquables par les acides, & peu par l'esprit-de-vin. On les distingue communément en *huiles grasses fluides*, *huiles grasses solides*, ou *beurres*, & en *huiles essentielles*.

Huiles grasses. Les premieres sont ordinairement très-onctueuses & inflammables : elles sont immiscibles à l'eau & à l'esprit-de-vin : volatiles, elles exigent néanmoins un degré de chaleur supérieur à celui de l'eau bouillante, pour se volatiliser. Toutes susceptibles de condensation, elles deviennent concretes, les unes, au plus léger degré de froid ; d'autres exigent un froid très-sensible, pour passer de l'état fluide à l'état concret.

Quelque fluides qu'elles soient, elles ne coulent jamais naturellement, même des plantes qui les contiennent très-abondamment. Elles restent figées dans les amandes des fruits à noyau, & dans les pépins de quelques semences émulsives. L'olive est la seule substance qui contienne de l'huile dans son amande, dans la pulpe de son fruit, & dans son bois. Ces sortes d'huiles se retirent par expression, & exigent des manipulations particulieres, qui ne sont point du ressort de cet ouvrage.

Leur analyse. Les huiles grasses, en général, sont un composé d'acide, d'eau, de terre & de phlogistique. Elles contiennent, outre cela, une certaine quan-

Digitized by Google

tité de mucilage, qui les rend insolubles dans l'esprit-de-vin; qui diminue leur volatilité, & augmente en même temps la difficulté avec laquelle les acides minéraux les attaquent. La présence de ce mucilage se manifeste par la facilité avec laquelle elles s'alterent dans la fermentation, espece de mouvement qui ne s'excite que dans les corps muqueux. Elle se manifeste encore par le dépôt des matieres glaireuses qui s'amassent dans les vaisseaux dans lesquels on a fait brûler des huiles de cette espece.

Leurs propriétés.

Triturées avec l'eau, les huiles grasses forment une espece d'émulsion qui ne persiste pas longtemps dans cet état. On employe, à cet effet, le sucre qui sert d'intermede à l'union de l'huile avec le principe aqueux; & cette union ne se fait jamais mieux, que lorsque les huiles n'ont point encore été dégagées des fruits qui les contiennent. C'est de cette maniere qu'on procede dans les laboratoires de Chymie, pour y faire des émulsions.

Ces huiles dissolvent le soufre, & forment avec lui une composition, connue sous le nom de *rubis de soufre*. Les acides vitrioliques & nitreux agissent assez puissamment sur elles. Le premier les convertit en un beurre très-solide: le second, lorsqu'il est bien concentré, les enflamme. Celles qui résistent à l'action de ce dernier acide, s'enflamment par le mêlange des deux acides réunis, comme nous en parlerons ailleurs.

Ces huiles combinées avec des alkalis, forment des savons, ou des composés savonneux.

Huiles grasses concretes.

Les huiles grasses concretes sont plus généra-

lement connues sous le nom de beurres, parce que leur consistance est semblable à celle des beurres qu'on retire du lait des animaux. Telle est l'huile grasse qu'on obtient du cacao, & qu'on connoît sous le nom de *beurre de cacao*. On retire ces sortes d'huiles par voie d'expression ou de coction: souvent on réunit ces deux moyens.

Leur analyse. Ces beurres contiennent un acide plus abondant & plus développé que les autres huiles grasses liquides; & c'est à l'abondance de cet acide qu'ils doivent l'état concret sous lequel ils se présentent.

Huiles essentielles. Les huiles essentielles different des huiles grasses, en ce qu'elles sont chargées du principe odorant des plantes; & c'est même à raison de ce principe qu'on les nomme essentielles.

Toutes les plantes aromatiques, à l'exception de celles dont l'odeur est très-fugace, telles que la violette, le lys, le jasmin, &c. contiennent des huiles de cette espece. Elles sont renfermées dans des réservoirs qui se trouvent quelquefois disposés dans toute l'habitude de la plante, comme dans l'*angélique*, & quelques autres: mais le plus ordinairement, ces réservoirs sont placés dans quelques parties, & souvent même dans une seule, à l'exclusion de toutes les autres. L'*énula-campana*, l'*iris de Florence*, &c. contiennent leur huile essentielle dans leurs racines. Celles qui sont charnues, l'ont dans leur parenchyme; elle se trouve dans l'écorce, & vers le collet de celles qui sont fibreuses. On retire encore cette espece d'huile de la plus grande quantité des jeunes rameaux de tous les arbres résineux, tels que le sapin, le genevrier, &c. La mélisse,

Digitized by Google

la marjolaine, toutes les especes de menthe, &c. contiennent la leur dans leurs tiges & leurs feuilles. La lavande, la rose la tiennent dans le calice de leurs fleurs. La camomille, l'orange, &c. la recelent dans les petales de leurs fleurs, & les vésicules qui la contiennent, en sont si remplies, qu'elles se manifestent à l'œil sous la forme de petits points jaunes. Plusieurs fruits en contiennent dans toute leur substance. Le poivre, les baies de genievre sont dans ce cas. Les oranges & les citrons en contiennent dans le zest, ou l'épiderme qui recouvre leur écorce. Les semences des plantes ombelliferes, telles que celles d'anis, de fenouil, &c. ont les vésicules de leur huile essentielle rangées le long des lignes saillantes qui se trouvent sur leur écorce. La noix muscade retient la sienne dans son amande & dans son écorce réticulaire, &c.,

Différences entre ces sortes d'huiles.

Les huiles essentielles different de plusieurs manieres. Quelques-unes ont de la consistance, telles que celles de lavande, de romarin, &c. Celles de canelle, de sassafras, sont plus épaisses. Les unes restent constamment fluides; d'autres deviennent concretes par le froid : quelques-unes sont constamment dans ce dernier état. Elles different encore par leurs couleurs, & plusieurs causes concourent à varier ces couleurs. Elles different, outre cela, par leurs pesanteurs spécifiques. Les unes sont spécifiquement plus légeres que l'eau : elles surnagent ce fluide : presque toutes les huiles essentielles tirées des plantes de notre pays, sont dans ce cas. Les autres sont de même pesanteur spécifique : d'autres enfin sont plus pesantes qu'un pareil volume

Digitized by Google

d'eau, & ces dernieres se trouvent sur-tout parmi celles qu'on retire des plantes exotiques ; car la loi n'est pas générale, comme quelques-uns l'ont prétendu. L'odeur de ces sortes de plantes varie comme celles des plantes qui les fournissent. On les retire & par voie d'expression, & par voie de distillation. On ne se sert cependant de ce premier moyen, que par rapport à celles qui sont, pour ainsi dire, à nud, comme l'huile essentielle des écorces d'orange & de citron, qui sont renfermées dans des véficules saillantes à la surface de ces écorces.

Maniere de les obtenir.

Lorsqu'on procede par voie de distillation, on conçoit facilement que l'huile essentielle monte conjointement avec l'eau de la plante, & avec celle qu'on a mise dans la cucurbite, & pour amollir la plante, & pour ne lui point donner un trop grand dégré de chaleur. Le produit est donc ordinairement trouble & laiteux : l'huile essentielle s'en sépare facilement sous la forme de petites gouttelettes qui s'élevent à la surface de l'eau, si elles sont plus légeres, ou qui tombent au fond du récipient, si leur pesanteur spécifique est plus grande que celle de l'eau. Les Chymistes ont des moyens pour séparer l'huile de l'eau ; mais malgré toutes leurs précautions, il en reste encore une assez grande quantité en dissolution dans ce dernier fluide ; aussi ces sortes d'eaux ont-elles des propriétés que les Médecins connoissent, & dont ils savent tirer parti.

Falsification des huiles essentielles, & moyens de la reconnoître.

Ces sortes d'huiles sont souvent falsifiées dans le commerce ; on en mêle plusieurs avec des huiles essentielles de moindre valeur ; on en mêle d'autres avec des huiles grasses ; quelques-unes s'étendent dans l'esprit-de-vin.

Digitized by Google

On reconnoît facilement la fraude, lorsqu'elles sont mêlées avec une huile grasse. On imbibe un morceau de papier blanc de l'huile qu'on suppose ainsi falsifiée, & on le fait chauffer légerement. L'huile essentielle étant volatile, se dissipe en entier, & laisse le papier pénétré par l'huile grasse, qui ne se dissipe pas de la même maniere. Si l'huile essentielle est pure, le papier reste sec, blanc, & on peut ensuite écrire dessus.

On peut encore reconnoître cette falsification, en les distillant au bain-marie. L'huile essentielle passe à ce degré de chaleur, & l'huile grasse, beaucoup moins volatile, reste dans la cucurbite.

Certaines huiles essentielles sont falsifiées avec l'huile de térébenthine. Cette fraude est plus difficile à reconnoître, lorsque l'huile de térébenthine est bien rectifiée. On peut néanmoins s'en appercevoir, en imbibant un linge de ces sortes d'huiles, & en exposant ce linge à l'air libre : l'odeur aromatique de l'huile essentielle se dissipe d'abord, & le linge reste impregné de l'odeur de térébenthine.

Plusieurs sont falsifiées avec l'esprit-de-vin. On reconnoît cette fraude, en mêlant ces huiles avec de l'eau : le mêlange devient blanc & laiteux ; l'esprit-de-vin s'unit à l'eau, & l'huile essentielle vient nager à la surface.

Quant à celles qui sont falsifiées par d'autres huiles essentielles de moindre valeur, on ne peut guere les reconnoître qu'à l'odeur qui est toujours plus foible que celle des huiles essentielles pures & non altérées. Nous avons cru devoir entrer dans ces détails, quoiqu'étrangers au but

Digitized by Google

de notre Ouvrage, pour donner à nos Lecteurs des moyens de se garantir des fraudes auxquelles ils pourroient être exposés. D'ailleurs les moyens que nous avons indiqués, sont fondés sur des principes véritablement physiques, & méritent, par cela seul, l'attention du Physicien.

Analyse des huiles essentielles.

Les huiles essentielles sont composées d'un sel acide uni au phlogistique à l'eau & à la terre. Leur acide est beaucoup plus à nud que celui des huiles grasses. Elles sont, outre cela, combinées intimement avec l'esprit recteur, ou la partie odorante des plantes qui les fournissent.

Leurs propriétés.

Les huiles essentielles dissolvent très-bien le soufre, sur-tout lorsqu'elles sont bouillantes, & elles forment alors des *baumes de soufre*, dont la Médecine tire plus d'un avantage.

L'acide vitriolique, ainsi que l'acide nitreux, agissent puissamment sur ces sortes d'huiles. Le premier les réduit en un bitume très-dur & très-noir : le second les enflamme.

Les sels alkalis ont également de l'action sur les huiles essentielles. L'alkali fixe forme avec elles un composé savonneux, connu sous le nom de *savon de Starkei.*

L'esprit-de-vin les dissout plus ou moins facilement, & il attaque plus puissamment celles qui sont plus pesantes.

(§. 529.) NOTE 3. *Le fameux problême de la couronne du Roi Hieron.*

Histoire du problême de la couronne du Roi Hieron.

Hieron, Roi de Syracuse, fit fournir à un Orfevre, une quantité d'or, pour lui faire une couronne. L'ouvrage fini, le Roi fut très-content du travail; mais il suspecta la fidélité de l'Or-

Digitized by Google

fevre, & il proposa aux Mathématiciens de découvrir la fraude de l'Ouvrier, sans endommager la couronne. Le problême se réduisoit donc à découvrir s'il y avoit de l'alliage, comme on le soupçonnoit, dans cette couronne, & la quantité de cet alliage. On travailla pendant long-temps à la solution de ce fameux problême, & ce fut *Archimede* qui eut la gloire de le résoudre. Il est probable qu'il ne connoissoit point encore alors toutes loix de l'hydrostatique, dont il nous donna, par la suite, les fondemens les plus précis, dans son Traité intitulé, *de insidentibus humido*; car ce fut le hazard qui le conduisit à cette solution. Etant plongé dans un bain, il s'apperçut que son corps perdoit une portion de son poids : réfléchissant sur ce phénomene, il entrevit la solution du problême qui l'occupoit encore. L'imagination frappée de cette heureuse découverte, & transporté du plaisir de l'avoir faite, il se jette hors du bain, court tout nud par les rues de Syracuse, en criant : *je l'ai trouvé.*

Il imagina de faire construire deux lingots, l'un d'or pur, & l'autre d'argent pur, étant bien persuadé que l'alliage qui pourroit se trouver dans la couronne, ne seroit que de l'argent. Il fit faire ces deux lingots de même poids que la couronne, & les ayant pesés séparément dans l'eau, il tint compte de la perte qu'ils faisoient alors de leur poids, par cette immersion. Il pesa également la couronne dans l'eau, & observa ce qu'elle perdoit de son poids. Il compara ces trois pertes différentes, & découvrit, par cette comparaison, la quantité d'alliage que l'Orfevre

Digitized by Google

avoit introduit dans l'ouvrage. Veut-on résoudre le même problême, à l'aide des mêmes principes ? Voici comment il faut procéder.

Solution du problême.

Supposons donc un corps quelconque composé d'or & d'argent, & qu'on veuille découvrir la quantité d'or & d'argent qui entre séparément dans sa composition : soient faits deux lingots ; l'un d'or, l'autre d'argent, & de même poids dans l'air que le corps mêlangé.

Soit appellé p le poids de chacun de ces trois corps. Soit nommée a la perte que fait de son poids le lingot d'argent, lorsqu'il est plongé dans l'eau. Soit appellée b, celle du lingot d'or, pareillement plongé ; & soit désignée par c la perte qu'éprouve le corps composé de ces deux métaux. Soit enfin désignée par x la quantité d'argent, & par y la quantité d'or qui entrent dans la composition du mixte. Il ne s'agit plus que de réduire le problême en équations. La premiere se présente naturellement à l'esprit. Par la donnée du problême, on a $x+y=p$. La seconde demande quelques réflexions.

On conçoit d'abord que la perte que le corps mêlangé fait de son poids, lorsqu'il est plongé dans l'eau, est composée de celle que font séparément, par leur immersion, la quantité d'or & la quantité d'argent qui entrent dans sa composition. Mais il s'agit de ne point faire entrer de nouvelles inconnues dans ce problême, & on y parviendra en faisant les proportions suivantes.

Le poids du lingot d'argent, est au poids de l'argent qui fait partie du mêlange, comme la perte que fait le lingot d'argent, est à celle que fait le corps mêlangé, à raison de l'argent

Digitized by Google

qu'il contient, & algébriquement, $p : x :: a : \frac{ax}{p}$. On fera la seconde proportion, suivant le même raisonnement, & on aura, $p : y :: b : \frac{by}{p}$. D'où il suit que le corps mêlangé perdant de son poids, & à raison de l'argent, & à raison de l'or qu'il contient, la perte de son poids, lorsqu'il est plongé dans l'eau, & que nous avons désignée par c, pourra être exprimée par $\frac{ax}{p}+\frac{by}{p}$. On aura donc alors les deux équations nécessaires à la solution du problême.

$$x+y=p. \text{ \& } c=\frac{ax+by}{p}.$$

En faisant évanouir la fraction de la seconde équation, on aura $ax+by=cp$. Ces deux équations se réduiront donc aux deux suivantes :

$$x+y=p. \text{ \& } ax+by=cp.$$

En procédant maintenant à la recherche des inconnues, on aura, dans la premiere équation, $y=p-x$; & en substituant la valeur de y dans la seconde, & selon les mêmes conditions sous lesquelles elle s'y trouve, on aura $ax+bp-bx=cp$; & en transposant, il viendra $ax-bx=cp-bp$. En divisant ensuite les deux membres de cette équation, par $a-b$, multiplicateur de x dans le premier membre, on aura $x=\frac{cp-bp}{a-b}$; ce qui donnera la quantité d'argent qui entre dans le mêlange, & conséquemment la quantité d'or, puisqu'il n'est supposé résulter que de ces deux matieres.

Veut-on rendre la solution plus sensible, & sous des termes plus familiers ? Supposons que le poids du corps mêlangé soit de 10 livres,

Digitized by Google

& qu'il perde deux tiers d'une livre de son poids, lorsqu'il est plongé dans l'eau ; que le lingot d'argent, pesant également 10 livres, perde la dixieme partie de son poids, ou une livre, & que le lingot d'or, de même poids, perde la dix-neuvieme partie du sien ; c'est-à-dire $\frac{1}{19}$ de 10 livres, ou ce qui revient au même, $\frac{10}{19}$ d'une livre. On aura donc

$p=10$ liv. $a=1$. $c=\frac{2}{3}$. $b=\frac{10}{19}$. Il ne s'agit plus maintenant que de substituer ces valeurs, & on trouvera, à la place de $cp-bp$, $\frac{20}{3}-\frac{100}{19}$; & en réduisant ces fractions au même dénominateur, on aura $\frac{380}{57}-\frac{300}{57}=\frac{80}{57}$. Pareillement, à la place de $a-b$, on aura $1-\frac{10}{19}$, ou $\frac{19}{19}-\frac{10}{19}$ $=\frac{9}{19}$. L'équation $x=\frac{cp-bp}{a-b}$, deviendra donc $x=\frac{80}{57}$ divisé par $\frac{9}{19}$, dont le quotient $\frac{1520}{513}$ désignera la valeur de x, & indiquera qu'il entre dans le mêlange 2 livres & $\frac{494}{513}$ de livre d'argent, ou près de 3 livres.

(§. 563.) Démonstration de la proposition fondamentale de l'hypothese de Veitbrecht, sur les tubes capillaires.

NOTE 4. (*Nous la renvoyons à la note* 4) : La force attractive du verre ne pouvant élever l'eau, qu'elle ne surmonte d'abord la force attractive qui unit les molécules de ce fluide entre elles, elle ne peut produire cet effet que par sa supériorité sur celle qui retient ces molécules unies. Cela posé, si nous nommons P, la force attractive du verre ; q, celle qui unit les molécules de l'eau ; d, le diametre du tube, ou celui des gouttes de liquide, qui forment le cylindre intérieur, qui ne differe que très-peu du diametre intérieur du verre ; enfin c, la hauteur de la colonne d'eau contenue dans

Digitized by Google

le tube ; nous aurons $P-q$, pour exprimer l'excès de la force attractive du tube sur celle qui unit les molécules du liquide, & conséquemment la même expression désignera la force que chaque point de l'anneau supérieur exerce dans les différens degrés d'élévation du liquide. Nous aurons donc d, diametre du tube, qu'on pourra prendre pour sa circonférence, & qui conséquemment exprimera la somme des points attirans qui composent un anneau quelconque du tube. De-là, $P-q \times d$ sera l'expression de la force avec laquelle le fluide sera attiré de bas en haut, par un anneau circulaire du verre.

Or, pour qu'il y ait équilibre, le poids de la colonne d'eau soutenue au-dessus du niveau, doit être égal à la force attirante. Par conséquent, lorsque le fluide cesse de monter, & qu'il demeure suspendu au-dessus du niveau, on peut dire que le poids de la colonne élevée au-dessus du niveau, est égal à $P-q \times d$; mais, si on veut avoir immédiatement ce poids, il ne s'agit que de multiplier la hauteur de la colonne élevée & désignée par c, par le quarré du diametre d; ce qui donnera cdd : on aura donc l'équation, $P-q \times d = cdd$: d'où l'on conclura, $c = \frac{d \times P-q}{dd}$, ou $\frac{P-q}{d}$.

D'où il suit que la hauteur de la petite colonne de liquide, comprise au-dessus du niveau, est exactement comme la différence de la force attractive du verre $P-q$, sur celle des molécules de liquide, divisée par le diametre du tube. Elle croîtra donc directement, toutes choses égales d'ailleurs, à proportion que $P-q$ sera

Digitized by Google

plus grand, & elle diminuera, à proportion que d augmentera, toutes choses encore égales d'ailleurs. Elle est donc en raison directe de l'excès de la force attractive du verre, & en raison inverse du diametre du tube.

Pour faire sentir parfaitement ce dernier rapport, considérons que, dans un même fluide, l'excès de l'attraction du verre sur celle des molécules de la liqueur, est une quantité constante; qu'elle n'éprouve ni augmentation, ni diminution. On peut donc substituer l'unité à la place de $P-q$; ce qui donnera $c=\frac{1}{d}$; c'est-à-dire, que l'élévation de la liqueur sera en raison inverse du diametre des tubes, comme l'expérience le confirme.

D'après cette démonstration, on conçoit aisément que la cohésion mutuelle des molécules du fluide, surpassant la force attractive du verre, l'ascension de l'eau devient négative, & le fluide, au lieu de s'élever, doit, au contraire, s'abaisser au-dessous du niveau. En effet, dans l'équation $\frac{P-q}{d}=c$, la quantité q étant supposée plus grande que P, en la rendant positive, nous aurons $\frac{q-P}{d}=-c$; &, comme dans le même liquide, tel, par exemple, que le mercure, ou tout métal fondu, l'excès de cohésion entre les molécules, est une quantité constante, nous pourrons, à la place de $q-P$, substituer l'unité; ce qui donnera $\frac{1}{d}=c$, c'est à dire, que l'abaissement du mercure, ou de tout métal fondu, au-dessous du niveau, suivra la raison inverse du diametre des tubes.

Note

NOTE 5. *Mais que nous renvoyons à la note 5.* (§. 464.)

J'appelle *v* l'attraction totale d'un petit tube de verre BG (plan. 10, fig. 8), d'une ligne de longueur : je prends une ligne pour exemple, dit M. *de Lalande*, quoique l'attraction du verre ne soit pas sensible à une ligne de distance, à beaucoup près. J'appelle *e*, l'attraction du tube d'eau de même longueur, sur toutes les parties d'eau qui sont à sa portée. Alors, par la premiere considération établie (464), les particules d'eau placées sous le tube de verre, sont attirées par la partie BC, plus qu'elles ne l'étoient quand il y avoit de l'eau à la place du verre, de la quantité *v*—*e* : c'est la différence des deux attractions du verre & de l'eau. Pl. 10, fig. 8.

Par la seconde considération (464), il y a encore une semblable portion du verre CD, qui produira le même effet, & dont la force est encore exprimée par *v*—*e*. Ainsi il y a vers l'extrêmité du tube, une attraction totale exprimée par 2*v*—2*e*, qui souleve les particules d'eau, & les rend plus légeres.

Par la troisieme considération (464), il y a au-dessus de la surface de l'eau, une attraction du verre *v*, & il y a au-dessous une attraction contraire, qui est *v*—*e*. Retranchons celle-ci de l'attraction *v*, nous aurons + *e*, qui est l'effet de l'attraction de bas en haut, produite par la partie du tube qui est hors de l'eau. Ajoutant celle-ci avec celle que nous avons déduite des deux premieres considérations, & qui est 2*v*—2*e*, on aura 2*v*—*e*, pour la force totale que le verre exerce sur l'eau du vase, pour en troubler l'équilibre. D'où il est évident que quand la force *v* du verre

Digitized by Google

ſeroit plus petite que e, l'eau monteroit encore, pourvu que $2v$ fût plus grand que e, c'eſt-à-dire que v fût un peu plus grand que la moitié de e.

L'expérience, continue M. *de Lalande*, juſtifie la théorie; car des tuyaux de plumes, quoique plus légers que l'eau, font cependant monter ce fluide, auſſi bien que les tubes d'une ſubſtance plus denſe, mais non pas préciſément de la même quantité.

Fin du ſecond Volume.

Digitized by Google

TABLE
DES MATIERES

Contenues dans ce second Volume.

QUATRIEME SECTION. *De la statique, ou des machines.* Page 1
Définition. ibid.
Division des machines. 3
Six choses à considérer dans une machine. 4
La résistance, la puissance, le point d'appui, la vitesse, le centre de gravité, la ligne de direction. ibid.
Division de cette Section. 5
ARTICLE PREMIER. *Du centre de gravité.* ibid.
Expérience. *Méthode de trouver le centre de gravité d'un corps.* 6
Expérience. *Autre méthode pour la même fin.* 8
Propriété du centre de gravité. 9
Axiome premier. ibid.
Condition nécessaire. 10
Mouvement naturel du Porte-faix. 11
Même mouvement dans une personne chargée sur le devant. ibid.
Position des pieds dans un homme qui marche. 13

Digitized by Google

De quelle maniere les Danſeurs de corde conſervent la ligne de direction. 14
De quelle maniere les animaux conſervent la même ligne. 15
Axiome ſecond. 17
Applications de ce principe. 18
Bouſſole marine. 19
Lampe de Cardan. 20
L'odometre. 21
Le cylindre qui s'éleve ſur un plan incliné. 22
Le double cône qui produit le même effet. 24
Le Culbuteur Chinois. 25
Le ſeau ſoutenu plein d'eau ſur la lame d'un couteau. 28
Petite figure en équilibre ſur un pied. ibid.
ARTICLE SECOND. *Du levier. Définition.* 29
Diviſion du levier en trois genres. 30
Premier, ſecond, troiſieme genre. ibid.
Obſervation ſur la maniere d'eſtimer la viteſſe dans le cas d'équilibre. 31
Loi générale d'équilibre. 32
Premier cas, pour le levier du premier genre. 33
Second cas, pour le même levier. 34
Même théorie pour le levier du ſecond & du troiſieme genre. 35
*Problême d'*Archimede. 39
Application de la théorie précédente. ibid.
Maniere d'évaluer l'effort de pluſieurs puiſſances qui agiſſent ſur différens points d'un levier. ibid.
Corollaire. 41
Déterminer l'effort de deux puiſſances qui
Digitized by Google

ſoutiennent un fardeau, par le moyen d'un levier qu'elles ſont obligées de porter. 41
Corollaire. 44
Maniere de diſtribuer la volée d'un carroſſe, lorſque les chevaux ne ſont point de même force. 45
Application de la même théorie au levier courbe. ibid.
—Aux manivelles. 47
Des puiſſances qui agiſſent obliquement ſur un levier. 49
Maniere d'évaluer la différence entre l'action perpendiculaire & l'action oblique. 50
Expérience qui démontre l'avantage de l'action perpendiculaire ſur l'action oblique. 52
ARTICLE TROISIEME. *De la balance.* 53
Deux eſpeces de balance. ibid.
Balance ordinaire. D'où dépend ſon exactitude. ibid.
Maniere de diminuer le frottement. 54
Maniere de diſpoſer le centre du mouvement, par rapport au centre de gravité. 55
Trop de mobilité nuit au ſervice de la balance. 57
Maniere de parer à cet inconvénient. ibid.
Maniere de conſerver l'égalité des bras. 59
De la ſuſpenſion des baſſins. 61
Expérience qui prouve que la diſtance de la ſuſpenſion des baſſins au fléau, n'influe point ſur le poids des corps. 62
Ils doivent être ſuſpendus avec la plus grande liberté. 63
Application de cette théorie. 67

De la romaine. 68
Uſage de cette machine. Avantage de cette machine ſur la balance ordinaire. 69
On diſtingue deux forces dans un corps qui agit ſur les bras d'une romaine. 70
Balance Chinoiſe. 71
Problême premier. *Balance de* Roberval. 72
Problême ſecond. *Balance trompeuſe.* 75
Moyen de ſe garantir de la ſupercherie d'une balance trompeuſe. 76
ARTICLE QUATRIEME. *De la poulie. Définition.* 79
Avantage de la poulie fixe. 80
Pour les puiſſances animales. 81
Pour les puiſſances inanimées. 82
Méme analogie pour le cas d'équilibre dans la poulie & dans le levier. 83
La diſpoſition de la corde ſur la poulie fixe, ne change rien à l'analogie précédente. ibid.
Obſervation ſur la maniere de monter les poulies. 85
Des poulies mobiles combinées avec des poulies fixes. 88
Avantage d'une poulie mobile jointe à une poulie fixe. 89
Autre maniere de conſidérer cet avantage. 91
Multiplication des poulies mobiles, & avantage qu'on en retire. 92
Autre ſyſtême de poulies, dont l'avantage croît ſelon une plus haute proportion. 94
Solution d'une difficulté concernant les différens effets des deux ſyſtêmes de poulies mouffées. 96

Digitized by Google

On préfere, dans la pratique, les poulies mobiles montées dans la même chaſſe. 99
De la diſpoſition oblique des cordes ſur les poulies. 102
ARTICLE CINQUIEME. *Du tour. Définition.* ibid.
Différentes eſpeces de tour. Maniere de le conſidérer. 103
Maniere d'augmenter l'avantage qu'on peut tirer d'un tour. 105
Maniere de diſpoſer deux manivelles ſur cette machine. ibid.
Obſervation ſur les manivelles. 107
Roue de branle. ibid.
Autre moyen d'augmenter l'avantage du tour. 108
De la roue de carrieres. 110
Obſervation ſur les cables dont on ſe ſert dans ces ſortes de machines. ibid.
Autre circonſtance également défavorable à la puiſſance. 112
Application ingénieuſe de l'inégalité de la longueur du levier ſelon lequel la puiſſance peut agir dans le treuil. 116
Treuil conduit par une roue en forme de tambour. 117
Beaucoup de machines dont l'uſage eſt très-familier, doivent ſe rapporter au treuil. 120
Du cabeſtan. 122
Manœuvre pour lever l'ancre. 123
ARTICLE SIXIEME. *Du plan incliné. Définition.* 125
Quantité d'effort que doit faire la puiſſance

pour équilibrer une réſiſtance ſur un plan incliné. 126
Maniere de rappeller le plan incliné au levier. 128
Expérience qui confirme la théorie du plan incliné. 129
Application de cette théorie à l'effort que l'homme eſt obligé de faire pour monter une montagne. 130
ARTICLE SEPTIEME. *Du coin. Définition.* 131
Uſage du coin. 132
Quel avantage la puiſſance retire du ſervice de cette machine. ibid.
Analogie pour le coin ſimple. 134
Analogie pour le coin double. ibid.
Obſervation. 137
Applications. 138
Le couteau. ibid.
L'action des corroſifs ſe rapporte encore au coin. 140
ARTICLE HUITIEME. *De la vis. Définition.* 141
L'écrou. 142
Uſage de la vis. ibid.
Analogie pour le cas d'équilibre. 143
Autre maniere de conſidérer la vis. 144
Frottement entre les filets. 145
*De la vis d'*Archimede. ibid.
Uſage de cette vis. 146
ARTICLE NEUVIEME. *Des machines compoſées.* 149
Multiplication des leviers. ibid.
Regle générale pour les machines compoſées. 151

Digitized by Google

Des roues dentées. 152
Application de la théorie de Descartes, *aux roues dentées.* 155
De l'avantage des grandes sur les petites roues dans les voitures. 156
Expérience qui confirme cette vérité. 158
Du cric. ibid.
Roue de M. de la Garosse. 160
Inconvénient de cette machine. 161
Du pont-levis. 162
De la vis sans fin. 164
Avantage de cette machine. 165
ARTICLE DIXIEME. *Des cordes.* 169
Propriétés des cordes qui influent sur leur service. ibid.
Leur roideur. Leur flexibilité. 170
Du tors qu'on donne aux cordes. 171
Qualités de la corde dépendantes de la sécheresse & de l'humidité. 174
SECTION CINQUIEME. *De l'hydrostatique. Définition.* 175
Deux especes de liquides. 176
Division de cette Section. ibid.
ARTICLE PREMIER. *De la liquidité en général, & des loix communes de la pression des liquides de toute espece.* 177
Division de cet article. ibid.
PARAG. PREM. *De la liquidité.* ibid.
Différence entre les fluides & les liquides. ibid.
Des parties des liquides. 178
Celles de l'eau sont inaltérables. 179
Expérience qui prouve que les vapeurs qui s'élevent de l'eau, sont de véritable eau. ibid.

Digitized by Google

Il n'en eſt pas de même de toutes les parties intégrantes de tous les autres liquides : elles n'ont pas le même degré de dureté : elles ſont plus ou moins altérables. 181
Même altération dans les parties intégrantes des ſolides, qui les fait paſſer de cet état à celui de liquide. 182
Transformation des liquides en ſolides. 184
Différence entre les ſolides & les liquides. 185
Fluides viſqueux. Préſomption ſur la figure des parties intégrantes des liquides. 186
La liquidité ne dépend point du mouvement inteſtin entre les parties des liquides. 188
Concluſion. 191
PARAG. SECOND. *Des loix communes de la preſſion des liquides de toute eſpece.* 192
Erreur des Anciens. ibid.
Réfutation. 193
Expérience qui confirme cette erreur. 194
Différence entre la maniere d'agir de la peſanteur ſur les ſolides & ſur les liquides. ibid.
Expérience qui prouve que les parties des liquides agiſſent indépendamment les unes des autres. 195
Autre différence entre l'action des ſolides & des liquides. Ceux-ci exercent leur preſſion en toutes ſortes de ſens. 197
Expérience qui prouve l'action des liquides en tous ſens. ibid.
Expérience qui prouve l'action latérale des liquides. 200
Expérience qui prouve la preſſion de bas en haut. 201

Digitized by Google

Autre expérience confirmant la même vérité. 202
D'où dépend l'action de la colonne qui agit de bas en haut. 204
Application de cette espece de pression. 206
Expérience qui prouve qu'un enfant renfermé dans le sein de sa mere, est à l'abri de toute compression extérieure. 208
De l'action des liquides contre le fond & les parois des vases qui les contiennent. ibid.
La pression contre le fond, est en raison de la hauteur perpendiculaire du liquide. 210
Expérience qui confirme cette vérité. ibid.
Autre expérience tendante au même but. 211
La pression contre le fond d'un vaisseau, est en raison de sa base. 214
Maniere d'évaluer la pression d'un liquide contre le fond d'un vase. 215
Expérience qui prouve que la pression est la même sur le fond de plusieurs vaisseaux différens en forme & en capacité. 216
Développement de cette expérience. 217
Réponse à une difficulté proposée contre cette uniformité de pression dans les trois vaisseaux. 223
Expérience qui confirme la théorie précédente. 226
Même vérité confirmée par le soufflet hydrostatique. 228
De la pression des liquides contre les parois des vases. 229
Corollaire premier. 231
Corollaire second. 232
De la pression de l'eau contre la vanne d'une écluse. ibid.

Digitized by Google

Observation relative au mouvement de l'eau. 234
ARTICLE SECOND. *Des loix de l'équilibre entre des liqueurs homogenes.* 237
Principe général. 238
Toutes les colonnes d'un même liquide sont de même hauteur dans le vase qui les contient. ibid.
Même phénomene dans des vases communiquans. 240
Expérience qui confirme cette vérité. ibid.
Niveau d'eau. 241
Même loi pour les vaisseaux communiquans dont les capacités seroient différentes 242
Application de cette loi à la conduite des eaux. 243
Observation sur les tuyaux de conduite. 245
Engorgement de ces tuyaux. 246
ARTICLE TROISIEME. *Des loix particulieres de la pression & de l'équilibre des liqueurs hétérogenes.* 247
De quelle maniere leur pression croît sur le fond des vaisseaux qui les contiennent. 248
Observation. 250
Deux loix particulieres à la pression & à l'équilibre des liqueurs hétérogenes. 251
La différence de leurs densités suffit pour séparer des liqueurs renfermées dans le même vase. 252
Expérience qui confirme cette vérité. ibid.
On peut encore, à l'aide de quelques procédés, empêcher le mélange des liqueurs qui tendroient à se combiner. 255

Digitized by Google

Expérience qui confirme cette vérité. 256
Application de cette théorie, & expérience qui la confirme. ibid.
Un liquide plus léger pese sur un plus pesant... Expérience qui confirme cette vérité. 258
Loi d'équilibre entre les liqueurs hétérogenes. 259
Expérience qui confirme cette loi. 260
Application de cette loi dans l'aréometre à pompe. 262
ARTICLE QUATRIEME. *Des loix de la preſſion & de l'équilibre des ſolides plongés dans les liquides.* 263
De la peſanteur ſpécifique en général. ibid.
Maniere de déterminer cette peſanteur dans deux corps qui different en denſité & en volume. 265
Trois circonſtances à conſidérer dans les corps plongés. 267
Expérience qui démontre ce qui arrive dans ces trois circonſtances. ibid.
Un ſolide de même peſanteur ſpecifique qu'un liquide, s'y tient en équilibre par-tout où il ſe trouve plongé. 268
Expérience qui confirme cette vérité. 269
Diviſion de cet article. 271
PARAG. PREM. *Des loix de la preſſion & de l'équilibre des ſolides ſpécifiquement plus peſans que les liquides dans leſquels ils ſont plongés.* ibid.
Un corps ſpécifiquement plus peſant ſe précipite au fond du liquide. ibid.
Il ne s'y précipite qu'à raiſon de l'excès de ſon poids... Expérience qui confirme cette vérité. 273

Digitized by Google

Loi générale concernant la perte qu'un solide fait de son poids par son immersion. 274
Expérience qui confirme cette loi. 275
Autre expérience. 276
Autre maniere de faire cette expérience. 277
Corollaire premier... Corollaire second. 278
Expérience qui confirme le premier corollaire. 279
La pesanteur spécifique d'un corps peut varier... Expérience qui le confirme. 280
Application de cette expérience. 281
Phénomene observé à Naples en 1767. 283
Démonstration du second corollaire. 289
Expérience qui confirme cette théorie. ibid.
Méthode pour découvrir la pesanteur spécifique des solides. 291
Observations sur cette méthode. Premiere observation. 293
Seconde observation. 294
Troisieme observation. 296
Quatrieme, cinquieme, sixieme observations. 298
Septieme observation. 299
Expérience qui prouve que tous les corps perdent une partie de leur poids dans l'air. 300
Table des pesanteurs spécifiques de plusieurs substances. 302
Méme méthode pour découvrir la pesanteur spécifique des liquides. 313
PARAG. SECOND. *Des loix de la pression & de l'équilibre des solides spécifiquement moins pesans que les liquides dans lesquels ils sont plongés.* 314

Digitized by Google

Loi générale. 314
Expérience qui conſtate ſa certitude. 316
Problême. *Connoître la peſanteur ſpécifique d'un corps de cette eſpece.* 317
*Aréometre d'*Hypacie. 320
—*De* Muſſenbroek. 322
—*De* Fareinheit. 324
Différentes méthodes pour perfectionner les areometres. 326
ARTICLE CINQUIEME. *Des phénomenes des tubes capillaires.* 330
Définition. Incertitude ſur la découverte de ce phénomene. 331
Etendue de ce phénomene. 332
Principaux phénomenes des tubes capillaires. 334
Premiere expérience. 335
Phénomene particulier. 336
Vaiſſeaux capillaires faiſant l'office de ſyphon. 337
Seconde expérience. Phénomene particulier. ibid.
Troiſieme expérience. Obſervation ſur cette expérience. 338
Phénomene particulier concernant le mercure. 339
Quatrieme expérience. 340
Différentes hypotheſes pour expliquer ces phénomenes. 341
Hypotheſes de la premiere claſſe. 1°. *Celle du P.* Fabry. 343
Réfutation. Expérience. 345
Obſervation ſur cette expérience. Inſtance en faveur de cette opinion. 346

Digitized by Google

Réfutation. 347
Autre réfutation de la même hypotheſe. 348
Expérience. 350
Méthode pour meſurer exactement la hauteur à laquelle les liqueurs s'élevent au-deſſus du niveau. 351
Hypotheſe de Jacques Bernoulli. 352
—*De* Daniel Bernoulli. 354
—*De* Hartſoeker. 355
Réfutation. ibid.
Hypotheſes de la ſeconde claſſe. 356
—*De* Voſſius. 357
—*De* Borelli. 358
—*De* Carré. 359
Expérience favorable à cette hypotheſe. 361
Réfutation. 362
Expérience. 365
Phénomene inexplicable dans cette hypotheſe. 366
Expérience qui détruit cette hypotheſe. 368
Hypotheſes de la troiſieme claſſe. Celle de Hauxbée. ibid.
Expérience. *Attraction entre le mercure & le verre. Plus forte entre les molécules de mercure.* 370
Réfutation. 371
Objection du D. Jurin. 372
Hypotheſe de ce dernier. 375
Expérience favorable à cette hypotheſe. 376
Hypotheſe de Weitbrecht. 378
—*De M.* de Lalande. 387
Objection contre cette hypotheſe. 394
SIXIEME SECT. *De l'eau. Définition.* 396
De l'eau élémentaire. 397

Etendue

Digitized by Google

Etendue des services qu'on retire de l'eau. 398
Division de cette Section. 400
ARTICLE PREMIER. *De l'eau considérée dans l'état de liqueur.* ibid.
Elle est diaphane. ibid.
Elle réfléchit les rayons de lumiere. 401
Différentes especes d'eaux. 402
De l'eau de la mer. 403
Différens moyens proposés pour la rendre potable. 404
Toutes les eaux jouissent des mêmes propriétés générales. 416
Expérience sur les dissolutions des sels. 418
Une eau saturée d'une espece de sel, peut encore en dissoudre d'une espece différente. 421
L'eau dissout quantité de substances. ibid.
De la compressibilité de l'eau. 425
Des qualités particulieres & accidentelles des eaux. 428
Eau de pluie. ibid.
—De neige. 429
—De fontaine. 430
—De rivieres & de fleuves. 432
Des stalactites. 433
Pétrifications. 435
Incrustations. 437
Eau de puits. 438
Eaux stagnantes... minérales. 439
Moyens de connoître les vertus de ces eaux. 441
Conclusion générale. 445

Digitized by Google

Effets de réactifs pour juger des qualités des eaux. 446
Pesanteur spécifique des eaux. 447
ARTICLE SECOND. *De l'eau considérée dans l'état de vapeurs.* 450
De l'action du feu sur l'eau. ibid.
De quelle manière l'air s'en dégage, & l'eau s'échauffe. ibid.
Expérience qui prouve que l'eau ne peut acquérir une plus grande chaleur que celle qui la fait bouillir. 451
Du son que produit l'eau avant d'arriver au terme de l'ébullition. 452
Degré moyen de l'eau bouillante. 453
Evaporation de l'eau. 455
Expansion de la vapeur. 456
Observation sur la promptitude de l'évaporation de l'eau. 458
Expérience qui démontre l'effet de la vapeur retenue. 461
Autre expérience qui prouve la même chose... L'éolipile. 462
Expérience qui prouve que la vapeur réagit contre le fond de l'éolipile. 465
Recul des armes à feu. 466
De l'effet de la poudre contre la balle ou le boulet. ibid.
De la cause qui fait élever une fusée volante. 468
La pompe à feu. 469
La marmite de Papin. 472
L'eau se convertit naturellement en vapeurs. 473

Digitized by Google

Celle des rivieres s'évapore moins que celle des lacs & des marais. 474
Idée de la quantité de vapeurs qui s'élevent des eaux. 475
Expérience qui démontre les vapeurs répandues dans l'air. 477
Autre expérience qui prouve la même chose. ibid.
Insalubrité de l'air occasionnée par une trop grande quantité de vapeurs. 478
ARTICLE TROISIEME. *De l'eau considérée dans l'état de glace.* 480
Phénomenes de l'eau qui se glace. ibid.
Expansion de la glace. 482
Dans quelqu'état qu'on considere l'eau, c'est toujours une forte puissance méchanique. 484
Pesanteur spécifique de la glace.... son évaporation. 485
Glace formée avec de l'eau purgée d'air. 486
Force de la glace. 487
Observations sur la température de la glace. 490
De la cause de la congelation.... Deux opinions principales. 492
Opinions de la premiere classe. 493
Congelations artificielles.... Premier phénomene. 495
Second, troisieme, quatrieme phénomenes. 496
Développement de ces phénomenes. ibid.
Application de cette explication à la glace naturelle. 499

Digitized by Google

Expérience. 500
Observation sur cette hypothèse. 501
Autre observation. 502
Troisieme observation. 505
Opinion de la seconde classe. 506
Observation qui la confirme.... Expérience. 509
Autre observation favorable à la même opinion. 511
Application de ce méchanisme aux congelations artificielles. 513
NOTES *sur la quatrieme Section.* 514
Note 1. *De la construction des muscles.* ibid.
Leur disposition.... Problème.... Solution. 514
Note 2. *Maniere générale de déterminer l'action d'une puissance qui agit obliquement sur un levier.* 518
Note 3. *Maniere de trouver le poids d'un corps avec une balance trompeuse.* 519
Note 4. *Solution de M.* de Varignon, *concernant les poulies.* 520
Note 5. *Concernant les effets du mouton ou de la sonnette.* 522
NOTES *sur la cinquieme Section.* 523
Note 1. *De l'éther.* ibid.
Ses différentes especes. 524
Ether vitriolique. Maniere de l'obtenir. 525
Ses propriétés. 526
Ether nitreux. Maniere de le produire. 528
Ether marin. Maniere de l'obtenir. 530
Ether acéteux. Maniere de l'obtenir. 531
Note 2. *Ethiologie des huiles.* ibid.
Huiles grasses.... Leur analyse. 532

Digitized by Google

Leurs propriétés..... Huiles graſſes concretes. 533
Leur analyſe.... Huiles eſſentielles. 534
Différence entre ces ſortes d'huiles. 535
Manieres de les obtenir.... Falſification des huiles eſſentielles. Moyens de la découvrir. 536
Analyſe des huiles eſſentielles..... Leurs propriétés. 538
Note 3. *Probléme de la couronne du Roi Hieron.... Son hiſtoire.* ibid.
Solution de ce probléme. 540
Note 4. *Démonſtration de la propoſition fondamentale de l'hypotheſe de* Veitbrecht, *ſur les tubes capillaires.* 542
Note 5. *Calcul de M.* de Lalande, *ſur la force attractive des tubes capillaires.* 545.

Fin de la Table du ſecond Volume.

Digitized by Google

Digitized by Google

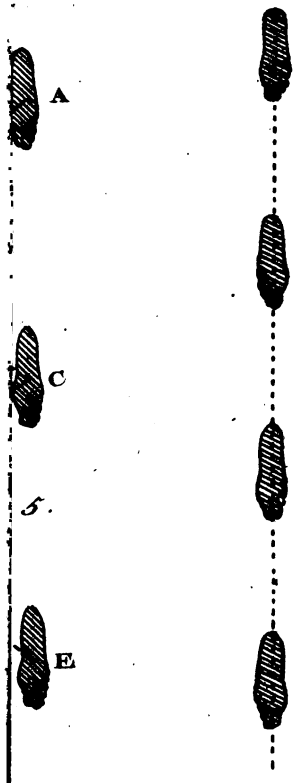


Fig. 1.

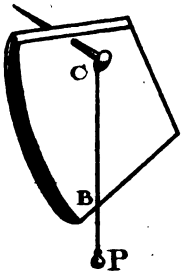
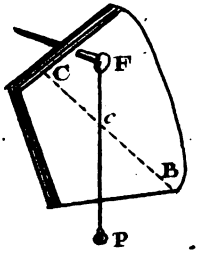


Fig. 4.

Fig. 2.



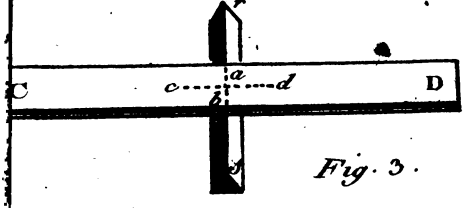
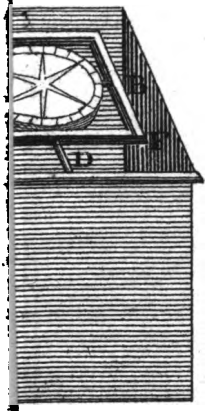


Fig. 3.

Digitized by Google

Digitized by Google

Fig. 1.



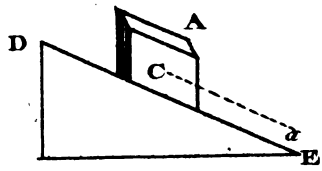


Fig. 3.

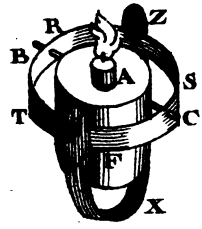
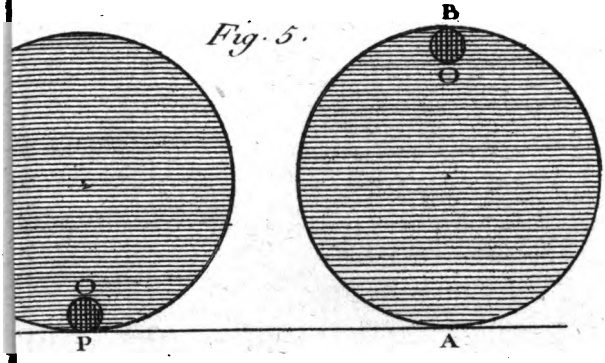


Fig. 5.



Digitized by Google

Digitized by Google

Fig. 2.

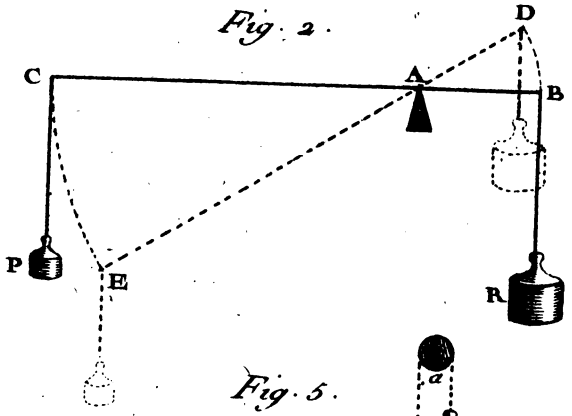


Fig. 5.

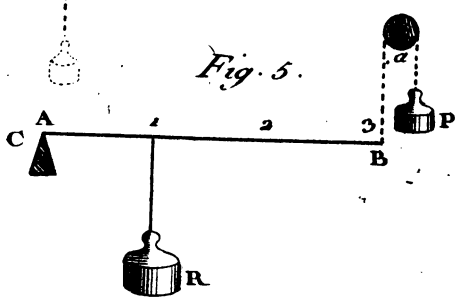
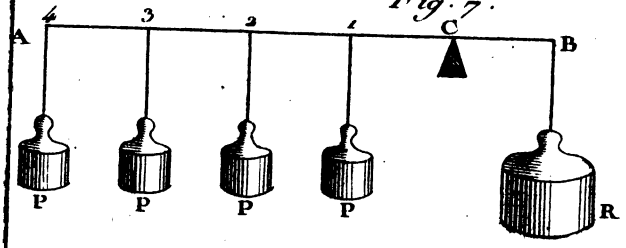


Fig. 7.



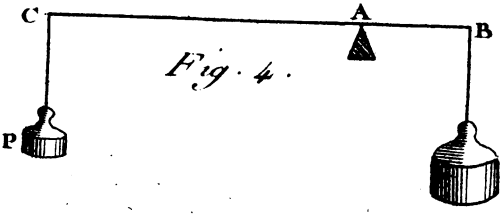


Fig. 4.

Digitized by Google

Digitized by Google

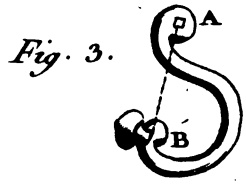


Fig. 3.

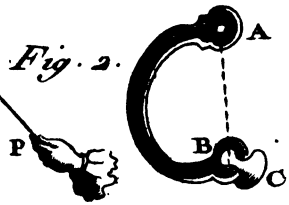


Fig. 2.

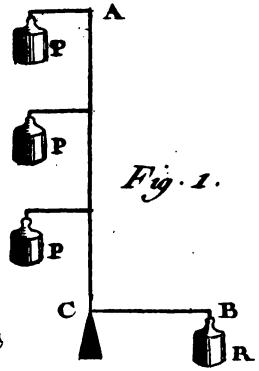


Fig. 1.

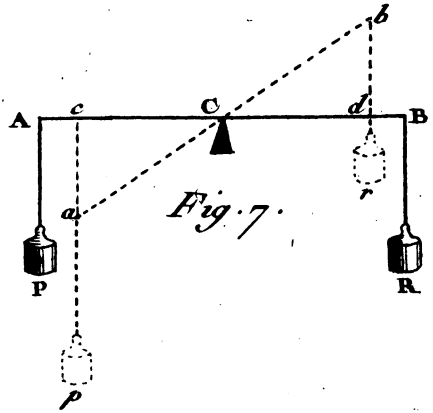


Fig. 7.

Fig. 6.

Digitized by Google

Digitized by Google

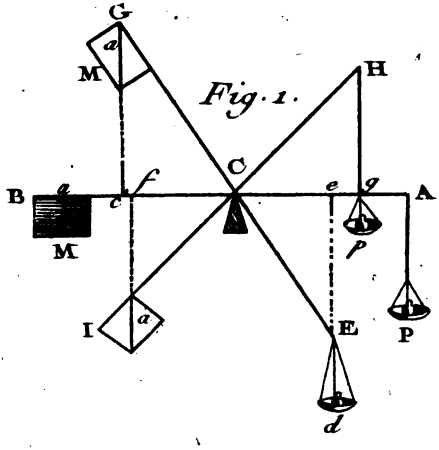
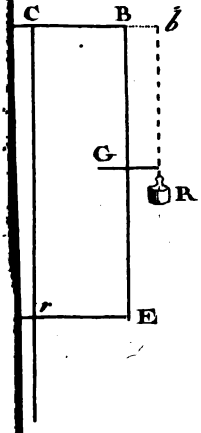


Fig. 1.

g. 4.



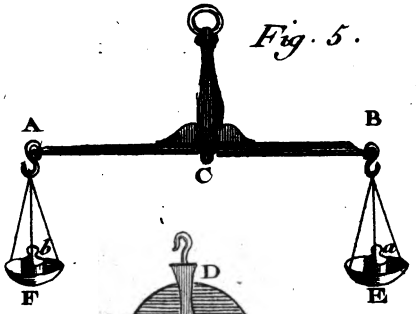


Fig. 5.

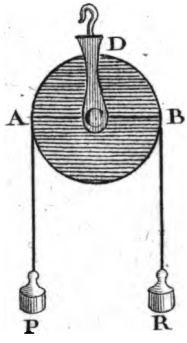


Fig. 6.

Digitized by Google

Digitized by Google

Fig. 2.

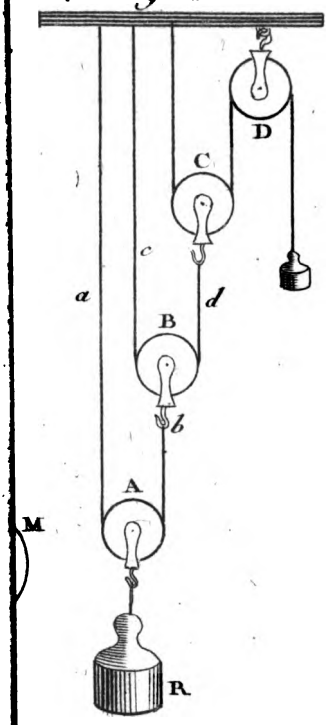


Fig. 1.

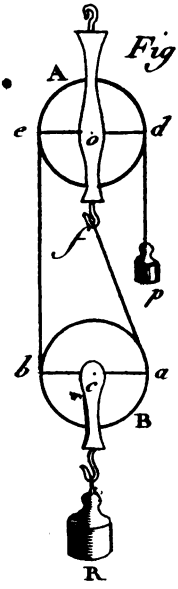
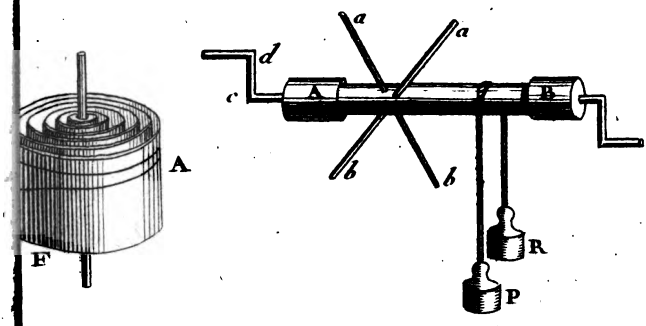


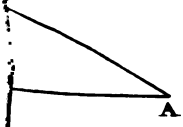
Fig. 5.



Digitized by Google

Digitized by Google

. 2 .



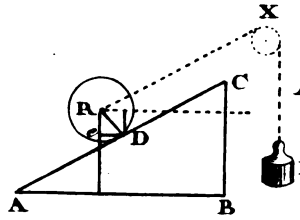
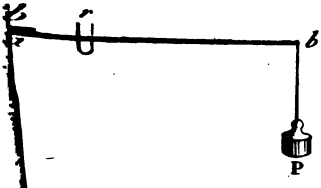


Fig . 1 .



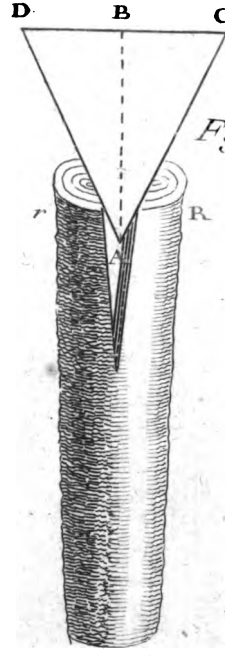
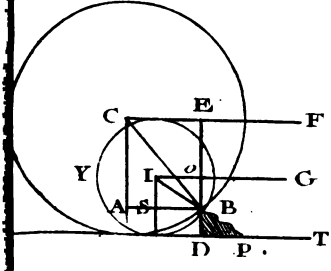


Fig . 3 .

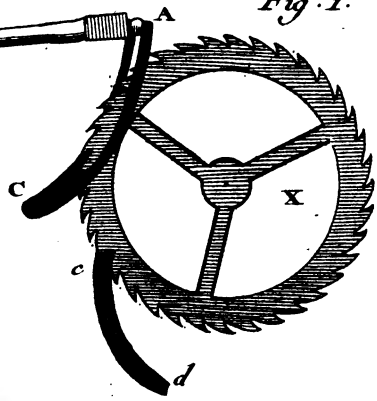
Fig . 8 .



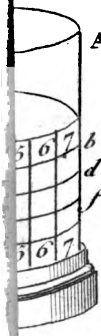
Digitized by Google

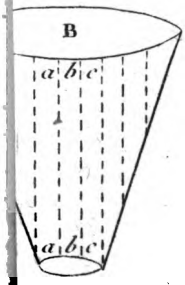
Digitized by Google

Fig. 1.

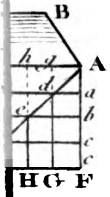


3.





4.



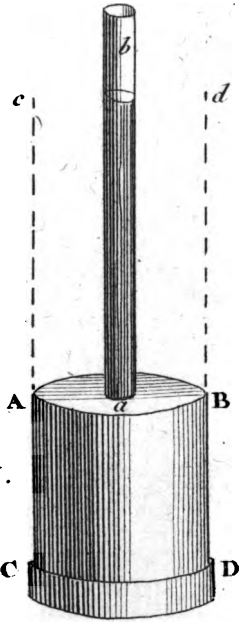


Fig. 5.

Digitized by Google

Digitized by Google

Fig. 1.

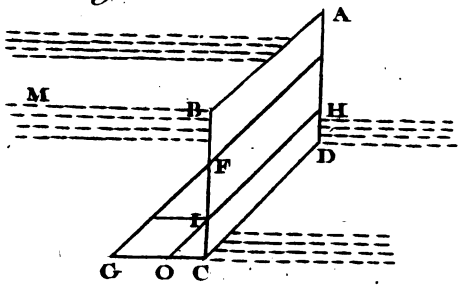
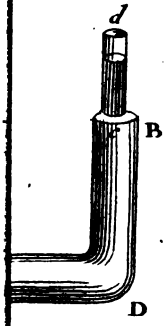


Fig. 2.



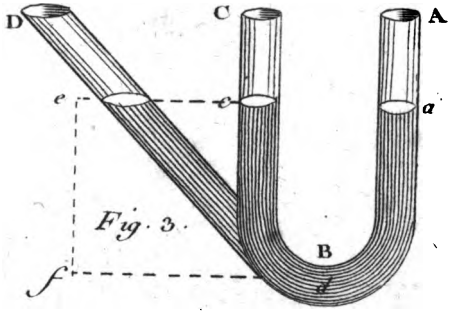
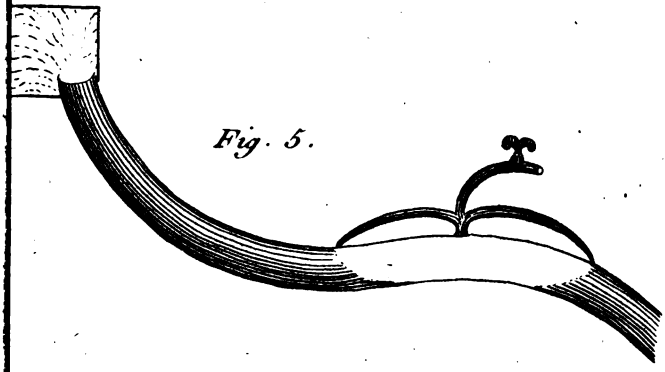


Fig. 3.

Fig. 5.



Digitized by Google

Digitized by Google

. 3.

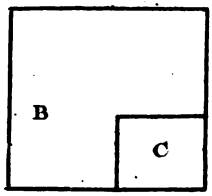


Fig. 1.

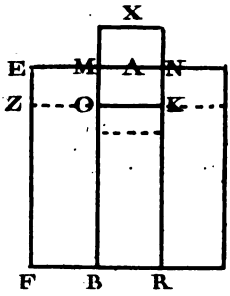


Fig. 2.

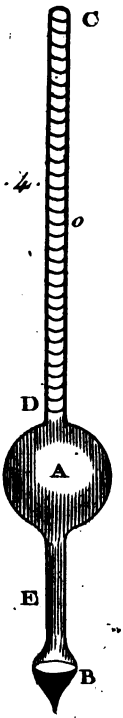


Fig. 4.

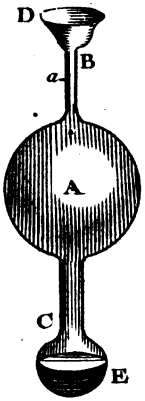


Fig. 6.

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google